This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

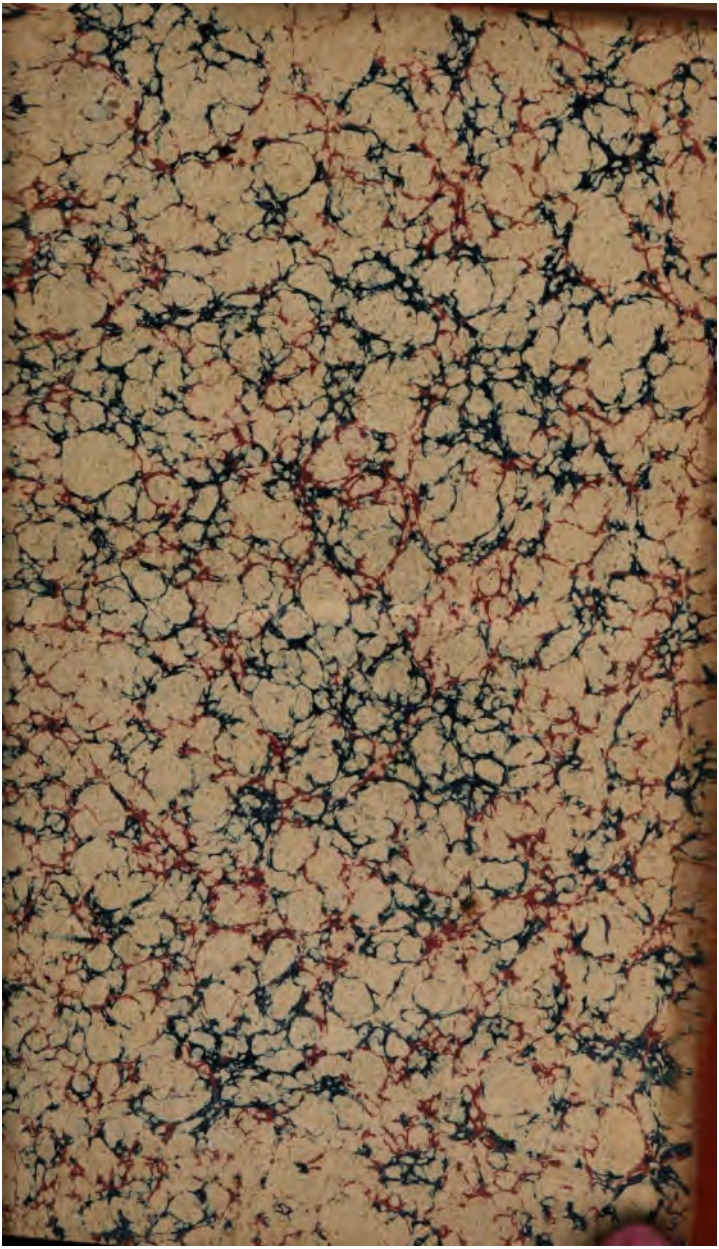
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Ex Bibliotheca
Sibend de St Prix



QC
19

SYSTÊME GÉNÉRAL DE PHILOSOPHIE

EXTRAIT DES OUVRAGES

DE DESCARTES ET DE NEWTON :

OUVRAGE

Dans lequel, après avoir rapporté les particularités les plus intéreſſantes des Vies de ces deux Chefs de la Phyſique Moderne, on examine leurs Découvertes en tout genre, & on en montre l'analogie.

Par l'Auteur du Dictionnaire de Phyſique.

Avec Figures.

TOME SECOND.

Amicus Ariſtoteles, ſed magis amica veritas.

A AVIGNON,

Chez la Veuve GIRARD & FRANÇOIS SEGUIN, Imprimeurs-Libraires, près la Place S. Didier.

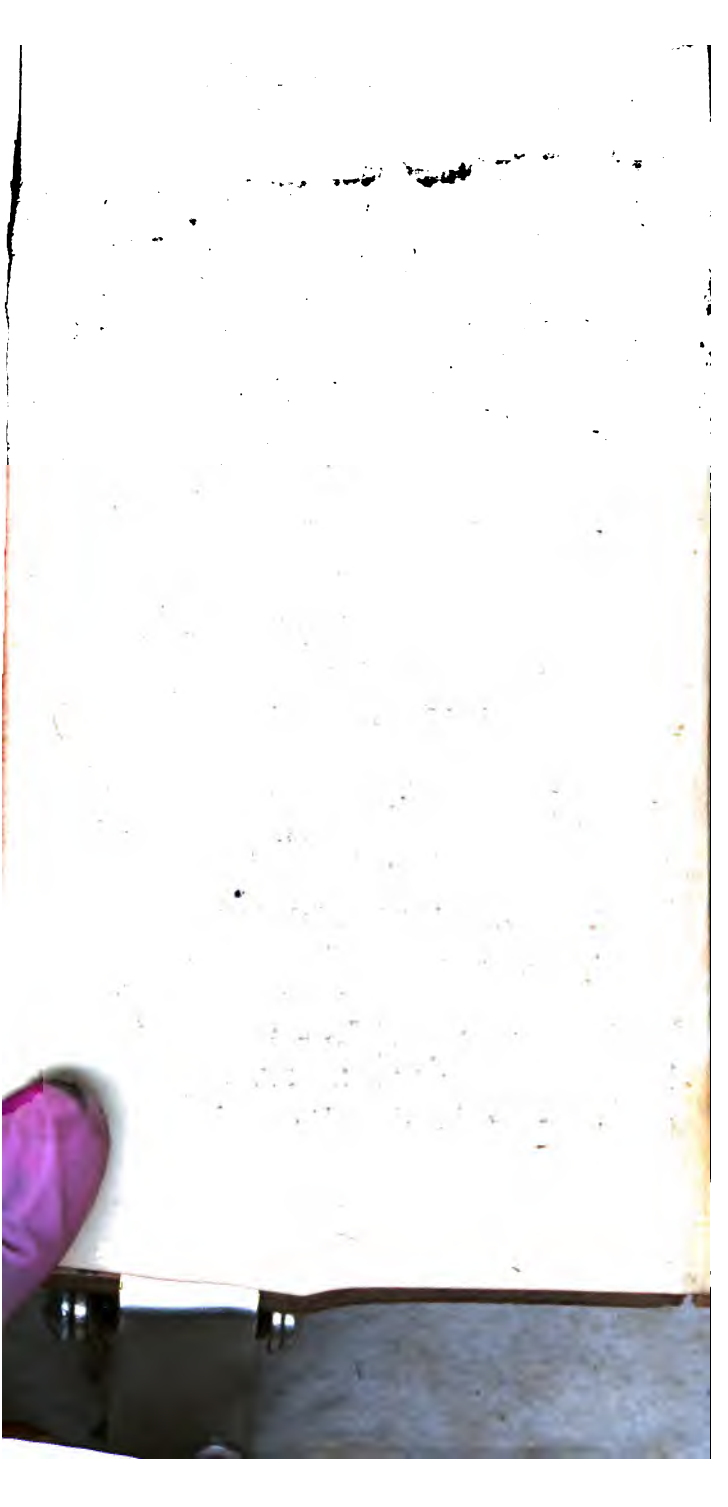
M. DCC. LXIX.

AVEC PERMISSION.

PRÉFACE.

LA marche que nous avons tenue dans la Vie littéraire de Deſcartes, nous la tiendrons dans la vie littéraire de Newton. Ce ſera ici le *compte rendu* des Découvertes du plus grand-Homme que l'Angleterre ait donné au Monde Sçavant. Le lecteur s'appercevra ſans peine que le ſecond volume de cet Ouvrage ne contient, comme le premier, que les préliminaires au Traité de paix que nous devons conclure entre les deux Chefs de la Phyſique moderne. Quelque difficile qu'il ſoit de mettre Newton à la portée des Phyſiciens ordinaires, nous eſpérons cependant qu'on lira les lettres qui compoſent ce ſecond

429292



volume, avec preſque autant de facilité qu'on a lu celles qui forment le premier. Les calculs trop longs & trop compliqués, nous les donnerons dans des notes ſéparées des lettres, où nous aurons traité les points de Phyſique qui les exigent. Les Phyſiciens conſommés les examineront; les Phyſiciens ordinaires les ſuppoſeront comme autant de Principes inconteſtables.

Ce qui rendra précieuſe, j'ai preſque dit néceſſaire dans la littérature, cette ſeconde partie de notre Ouvrage; c'eſt que nous n'avons en françois aucune vie du grand Newton. Je ne connois que l'éloge hiſtorique que fit en aſſez peu de mots de ce Philoſophe, l'illuſtre Fontenelle en l'année 1727.

LA VIE
LITTÉRAIRE
DE NEWTON.

INTRODUCTION.

LES *Principes mathématiques de la Philoſophie naturelle ;* le *véritable ſyſtême du Monde ;* l'*Optique ,* ou le Traité de la réflexion , de la réfraction, de l'inflexion & des couleurs de la lumière ; l'*Arithmétique univerſelle ;* l'*Analiſe par les équations infinies ;* la *Méthode des fluxions & des ſéries infinies ;* la *quadrature des courbes ;* l'*énumération des lignes du troiſième ordre ;* la *méthode différentielle ;* la *Chro-*

nologie ; des *obſervations ſur Daniel & ſur l'Apocalipſe ;* une *diſſertation ſur les coudées des Juifs & celles des autres Nations ;* un *très-grand nombre de Lettres* dans leſquelles ſont réſolus les problémes les plus difficiles ; voilà les ouvrages qui, par une eſpèce d'acclamation unanime, ont fait mettre Newton à la tête des Sçavans du ſiécle où il a vécu, c'eſt-à-dire, du ſiécle peut-être le plus fécond en grands-hommes ; & voilà les Ouvrages dont il nous faudroit rendre le compte le plus exact, ſi nous devions parler de ce Philoſophe d'une manière indépendante de tout Traité de paix entre l'École Cartéſienne & l'École Newtonienne. Mais nous n'ignorons pas quelles ſont les bornes où nous renferme, comme malgré nous, ce projet d'accommodement ; & tout lecteur, homme de goût, comprend ſans peine combien ſeroient ici déplacées les Analiſes des ouvrages qui n'ont aucun rapport avec la Philoſophie. Auſſi diviſerons-nous cette vie littéraire en 4 livres ſeulement. L'Optique

de Newton ſera la matière du premier. Nous examinerons dans le ſecond ſon ouvrage ſur le ſyſtéme du monde. Nous diſcuterons dans le troiſième livre les points de Phyſique & de Métaphyſique que contiennent les Principes de ſa Philoſophie. Nous rapporterons enfin dans le quatrième ce qu'il peut y avoir de Phyſique dans le reſte de ſes ouvrages. Mais, avant que d'entrer en matière, faiſons en peu de mots l'hiſtoire de ce grand-Homme, depuis ſa naiſſance juſqu'à l'âge de 45 ans, tems auquel il donna ſon premier Ouvrage au public.

Iſaac Newton, originaire de la Villſe de Newton en Irlande, naquit le jour de Noël (vieux ſtile) de l'année 1642, à Wolſtrope dans la Province de Lincoln en Angleterre, Ville dont depuis près de 200 ans ſes Ancêtres étoient Seigneurs. Il étoit fort jeune, lorſqu'il eut le malheur de perdre ſon Père. Il demeura dans la maiſon paternelle juſqu'à l'âge de 12 ans. Sa Mere Anne Aſcough qui s'étoit rema-

riée quelque tems après la mort de ſon mari, ſe détermina enfin à lui donner une éducation qui répondit à ſa haute naiſſance. Elle l'envoya dans la grande École de Grantham, ville d'Angleterre en Lincolnshire, d'où elle le retira ſix ans après pour le faire entrer dans la célébre Univerſité de Cambridge. Ce fut alors qu'il commença à s'addonner à l'étude des Mathématiques. Pour y faire des progrès plus rapides, il prit, non pas les élemens d'Euclide qui lui parurent trop faciles, mais la Géométrie de Deſcartes & les Optiques de Képler. Auſſi l'ingénieux Fontenelle lui applique-t-il (1) ce que Lucain a dit du Nil dont les Anciens ne connoiſſoient pas la ſource, *qu'il n'a pas été permis aux Anciens de voir le Nil foible en naiſſant.* Newton lut encore avec beaucoup d'attention Schooten & Wallis. Ce fut en méditant ſur les ouvra-

(1) Mémoires de l'Académie des ſciences, année 1727. Éloge de Newton.

ges de ce dernier, (1) qu'il trouva ſes *ſéries infinies*, & le calcul des *fluxions*, ſi connu ſous le nom de *calcul infinitéſimal*. Il n'avoit alors que 23 ans, c'eſt-à-dire, que ſon premier coup d'eſſai dans les Mathématiques fut un coup de Maître, qui le mit dès-lors au-deſſus non-ſeulement de tous les Mathématiciens exiſtans, mais encore de tous les Mathématiciens qui avoient exiſté avant lui. Il ne ſépara jamais l'étude de la Phyſique de celle des Mathématiques. Dans le tems qu'il faiſoit des notes ſçavantes ſur les ouvrages de Wallis, il faiſoit dans la chambre obſcure les expériences du priſme, que l'on peut regarder comme le fondement de ſon Optique (2). Il fit même depuis l'année 1669 juſqu'à l'année 1672 des leçons publiques ſur cette ſcience dans l'Univerſité de Cambridge, en qualité de Profeſſeur de Mathématique; l'il-

(1) Opuſcule de Newton Tome I. pag. 319 & ſuivantes.

(2) Opuſcule de Newton Tome II. pag. 179.

luſtre Barow ne ſe démit de cette chaire, qu'à condition qu'on lui donneroit Newton pour ſucceſſeur. Ce fut dans une de ces leçons, qu'il fit la deſcription de ſon Téleſcope Cata-dioptrique dont nous aurons occaſion dans la ſuite de faire l'éloge. La Société Royale de Londres, dont il étoit Membre, connoiſſoit trop l'importance de cette découverte, & la modeſtie de l'inventeur, pour ne pas l'obliger à en faire l'hiſtoire dans les Tranſactions philoſophiques. On la trouve dans ce précieux recueil, au mois de Mars de l'année 1672. On y lit auſſi qu'à peu près dans le même tems il découvrit une très-petite Cométe entre le côté méridional & le côté oriental de *Perſée*. 4 à 5 ans après il fut en état de démontrer, & il démontra en effet la fameuſe propoſition ſur laquelle eſt fondée toute la Phyſique céleſte; que *ſi la force centripéte d'une Planéte quelconque ſuit la raiſon inverſe des quarrés des diſtances, cette planéte parcourra une véritable ellipſe dont le foyer inférieur ſera le centre des for-*

ces. Il démontra en même tems que *cet Aſtre parcourant ſon ellipſe, gardera très-exactement la première loi de Képler*, c'eſt-à-dire, qu'*il parcourra des aires géométriquement proportionnelles aux tems.* Ce n'eſt pas ici le lieu de mettre cette propoſition dans tout ſon jour, & d'en faire ſentir le vrai à ceux-là même qui n'auroient pas de grandes avances en Phyſique; nous aurons occaſion de traiter cette matière à fond dans le cours de cette vie littéraire, & nous eſpérons que ce ne ſera pas là le plus mauvais endroit de notre ouvrage. Nous nous contenterons maintenant de faire remarquer que Newton, après avoir trouvé ſa démonſtration, paſſa 7 ans entiers à l'examiner par tous les côtés imaginables, & à en tirer ce grand nombre de conſéquences qui ſe préſentent, comme d'elles-mêmes, à tout eſprit né pour s'ouvrir dans la Phyſique quelque route nouvelle. Ce ne fut qu'après ce long examen, qu'il ſe détermina à l'envoyer au fameux Halley. Celui-ci tranſporté de joie & d'admiration,

la communiqua à la Société Royale de Londres, qui la fit d'abord inférer dans ſes Régiſtres. Elle fit plus ; elle réſolut d'engager Newton à mettre en ordre ſes écrits, & à ne pas enſoüir plus long-tems un thréſor de cette eſpèce. Newton ſe rendit à une ſi glorieuſe invitation ; & il mit ſucceſſivement au jour ce grand nombre d'excellens ouvrages dont nous allons rendre compte par lettres, comme nous avons fait dans la vie littéraire de Deſcartes. C'eſt la nature des ouvrages, & non pas le tems où ils ont paru, qui nous dirigera dans notre marche. Mais comme dans cette eſpèce de *compte reudu*, je ſerai ſouvent obligé de citer les propres paroles de l'Auteur, & que par conſéquent le mot *attraction* ne ſera pas oublié ; je crois devoir, avant toutes choſes, faire la déclaration ſuivante.

1°. Toutes les fois que dans le cours de cette vie littéraire il m'arrivera de dire qu'*un tel corps attire*, & qu'*un tel autre eſt attiré* ; je ne prétend pas inſinuer par

là qu'il y ait dans le corps *attirant* & dans le corps *attiré* aucune qualité intrinſéque & inhérente, capable de produire aucun effet de cette eſpèce. Le Créateur, je le ſçais, peut avoir fait, au commencement du monde, des loix générales, en vertu deſquelles les corps eſſentiellement indifférens au mouvement ou au repos, tendent les uns vers les autres en telle & telle raiſon. Mais l'a-t-il fait? Voilà ce que nous examinerons dans la ſuite avec toute l'attention dont nous ſerons capables; & voilà, ſuppoſé qu'il l'ait fait, ce que j'appellerai *loix de l'attraction mutuelle des corps.*

2°. Lorſque je dirai que l'*attraction ſe fait en raiſon directe des maſſes*, je ne parlerai que de l'*attraction active*; & voici ce que ſignifiera cette manière de parler, en ſuppoſant toujours l'exiſtence des loix de l'attraction: le corps A de 100 livres tend cent fois moins vers le corps B d'une liv., que le corps B ne tend vers le corps A.

3°. Lorſque j'avouerai que l'*attraction ſe fait en raiſon inverſe des quarrés des diſtan-*

ces à un centre quelconque, je ne parlerai que de l'*attraction paſſive*, & dès maintenant je ne prétens avouer que ce qui ſuit : la force qui fait tendre un corps quelconque vers un autre, quelle qu'elle ſoit, agit quatre fois plus à 1 qu'à 2 lieues, 9 fois plus à 1 qu'à 3 lieues, 16 fois plus à 1 qu'à 4 lieues de diſtance &c. Je ne crains pas qu'après une pareille déclaration, le Chevalier à qui mes lettres ſeront toujours addreſſées, me regarde comme un Newtonien fanatique & enthouſiaſte ; comme un homme plutôt porté pour Newton, que pour Deſcartes ; comme un homme en un mot trop partial, pour être propre à conclure un Traité de paix entre ces deux Chefs de la Phyſique moderne,

LIVRE PREMIER.

DE L'OPTIQUE DE NEWTON.

LETTRE PREMIÉRE.

Idée générale de l'Optique de Newton. Définitions & Axiomes qui ſervent d'introduction à cet ouvrage.

M. de Fontenelle voulant caractériſer, dans l'éloge hiſtorique qu'il a fait de Newton, le fameux Traité que ce grand Homme donna ſur l'Optique en l'année 1704, le nomme un ouvrage *neuf* & *original*. Il me paroit, mon cher Chevalier, qu'il manque quelque choſe à ce caractère. Je voudrois y ajouter que c'eſt peut être l'ouvrage le plus ſolide que nous ayons en Phyſique, & que c'eſt là le modéle que l'on doit propoſer à quiconque veut interroger ſûrement la Nature par la voye

de l'expérience. Ce ne fut en effet qu'après avoir, pendant trente années entières, diſſéqué, pour ainſi dire, la lumière avec toute l'exactitude, toute la dextérité & tout le ſuccès poſſible, que Newton ſe détermina à publier ſes importantes découvertes. Depuis lors les eſprits ne ſont plus partagés en Phyſique. Tout le Monde convient que la lumière eſt un corps hétérogéne : que ſon hétérogénéité lui vient de 7 rayons différens en maſſe & en figure : que ces 7 rayons ſont l'unique cauſe des 7 couleurs primitives, le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *verd*, le *bleu*, l'*indigo*, & le *violet* : que chacune de ces couleurs eſt inſéparable d'un rayon primitif : que le rouge appartient à celui des 7 rayons qui a le moins de réfrangibilité & le moins de réflexibilité : que le violet eſt inſéparable du rayon le plus réfrangible & le plus réflexible : que les autres 5 couleurs appartiennent à des rayons qui ont plus ou moins de réfrangibilité & de réflexibilité, ſuivant qu'ils ſont plus ou moins près du

rayon violet : que la jonction de quelques unes des couleurs primitives donne des couleurs composées ou subalternes : que la couleur la plus composée de toutes est le blanc, puisqu'il résulte de l'assemblage des 7 couleurs primitives : que la lumière est non-seulement capable de réfraction & de réflexion, mais encore d'inflexion : que toutes ces propriétés de la lumière rendent les Téleſcopes par réflexion préférables aux Téleſcopes par réfraction. Voilà, mon cher Chevalier, une partie des découvertes dont le grand Newton a enrichi la Phyſique. Déterminés que nous ſommes à examiner ſon optique preſque page par page, nous en rendrons compte à tête repoſée. Je me charge de toutes celles que contiennent le premier & le ſecond livre de cet ouvrage ; chargez-vous à votre tour d'examiner les 31 queſtions, ou plutôt les 31 doutes qui forment le troiſième & le dernier livre. Mais puiſque nous ſommes réſolus de ſuivre Newton pas à pas, nous ne ſçaurions nous diſpenſer, avant que

d'entrer en matière, de donner quelques Définitions, & de poſer quelques Principes que ce Phyſicien regarde comme les fondemens de ſon Optique. Les Définitions, ainſi que les Principes ſont au nombre de huit.

Définition 1. Tout rayon de lumière forme une ligne, compoſée de particules infiniment petites, qui exiſtent en même tems, ou qui ſe ſuccédent les unes aux autres.

Définition 2. La réfrangibilité des rayons de lumière n'eſt que la diſpoſition, l'aptitude qu'ils ont à changer de ligne, lorſqu'ils ſont obligés de paſſer d'un milieu dans un autre. Un rayon de lumière eſt donc plus réfrangible qu'un autre, par exemple, le rayon A eſt plus réfrangible que le rayon B, ſi le premier, à incidence égale ſur le même milieu, eſt diſpoſé à s'écarter plus que le ſecond de l'ancienne ligne que l'un & l'autre parcouroient auparavant.

Définition 3. La réflexibilité des rayons de lumière n'eſt auſſi que la diſpoſition, l'aptitude qu'ils ont à être renvoyés dans

le milieu d'où ils venoient, par la ſurface d'un corps dans le ſein duquel il ne leur a pas été poſſible de pénétrer. La facilité plus ou moins grande à être renvoyés, annonce donc plus ou moins de réflexibilité dans ces rayons.

Définition 4. L'angle d'incidence d'un rayon quelconque eſt formé par la ligne d'incidence de ce même rayon, & par la ligne perpendiculaire à la ſurface du milieu réfractant, ou réfléchiſſant.

Définition 5. L'angle de réflexion d'un rayon quelconque eſt formé par la même perpendiculaire & par la ligne de réflexion de ce même rayon. Pour l'angle de réfraction il eſt formé par le rayon réfracté, & par la ligne perpendiculaire au milieu réfractant.

Définition 6. Les Sinus d'incidence, de réflexion & de réfraction ſont les Sinus droits des angles d'incidence, de réflexion & de réfraction.

Définition 7. La lumière *ſimple* & *homogène* eſt formée de pluſieurs rayons éga-

lement réfrangibles ; plusieurs rayons différemment réfrangibles donnent une lumière *composée* & *hétérogéne.*

Définition 8. La lumière homogéne donne des couleurs *primitives*, l'hétérogéne en donne de *secondaires* ou de *subalternes.*

A ces huit Définitions Newton a cru devoir joindre un pareil nombre d'Axiomes qu'il seroit difficile de révoquer en doute. Les voici.

Axiome 1. Les angles d'incidence, de réflexion & de réfraction se trouvent toujours dans un même plan.

Axiome 2. L'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence.

Axiome 3. Un rayon réfracté qui reviendroit directement sur lui-même, parcourroit, après avoir changé de milieu, son ancienne ligne d'incidence.

Axiome 4. Un rayon de lumière passant obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, de telle sorte

que l'angle de réfraction eſt toujours plus petit que celui d'incidence. Le contraire arrive, lorſque le paſſage ſe fait d'un milieu plus denſe dans un milieu plus rare.

Axiome 5. Le ſinus de l'angle d'incidence & le ſinus de l'angle de réfraction ſont en *raiſon donnée* ; c'eſt-à-dire, l'on connoit en Phyſique le rapport qu'il y a du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction. En voici deux exemples. Un rayon rouge paſſe-t-il obliquement de l'air dans l'eau ? L'on fera la proportion ſuivante ; le ſinus de ſon angle d'incidence : au ſinus de ſon angle de réfraction : : 4 : 3 ; ce ſeroit comme 3 eſt à 4, ſi le paſſage ſe faiſoit de l'eau dans l'air. Le même rayon rouge paſſe-t'il obliquement de l'air dans le verre ? l'on dira, le ſinus de ſon angle d'incidence : au ſinus de ſon angle de réfraction : : 17 : 11 ; l'on diroit, comme 11 eſt à 17, ſi le paſſage ſe faiſoit du verre dans l'air.

Axiome 6. Les rayons homogénes partis de différens points, ſe réüniſſent auſſi

à différens points, après avoir été réfractés ou réfléchis. Je fixe, par exemple, un objet dont toutes les parties envoient à mes yeux des rayons rouges ; les rayons qui viennent des parties ſupérieures de l'objet, ne ſe réuniront pas ſur ma rétine au même point où ſe réuniſſent ceux qui viennent des parties inférieures de ce même objet.

Axiome 7. C'eſt au point de réünion des rayons de lumière que ſe forment les images des objets.

Axiome 8. L'image de l'objet me paroit dans l'endroit, où j'imagine que ſe fait la réunion des rayons réfractés, ou réfléchis qui concourent à la tracer. Voilà, mon cher Chevalier, ce que Newton regarde comme autant de Principes inconteſtables ; voila ce qu'il appelle l'introduction à ſon Optique. Vous avez de trop grandes avances en Phyſique, pour ne pas en ſentir toute l'évidence, & pour avoir déſiré que j'euſſe éclairci la matière par des Figures que j'aurois pu tracer à cette occaſion. On

n'en agit pas autrement avec un homme qui n'a pas été arrêté, en liſant l'abrégé de la Géométrie de Deſcartes. Vous n'aurez pas occaſion dans le cours de ce premier livre, de faire uſage de votre ſcience; l'Optique de Newton eſt à la portée de tout le monde. Il n'en ſera pas ainſi, lorſque j'aurai à vous rendre compte de ſon Siſtéme général; je vous mettrai plus d'une fois à même de vous féliciter d'avoir fait dans votre jeuneſſe de très bonnes études. Mais ne nous écartons pas de notre ſujet. Vous recevrez au premier jour une de mes lettres qui vous mettra au fait des deux parties que contient le premier livre de l'Optique de Newton. J'aurai ſoin de n'omettre aucune des Propoſitions que l'Auteur y avance; & ſi je ne vous rapporte pas toutes les expériences qui en ſont les preuves, je vous ferai du moins un détail très circonſtancié de celles qu'on regarde comme les principales & les plus déciſives. Je ſuis, &c.

LETTRE SECONDE.

Abrégé de la première Partie du livre premier de l'Optique de Newton. Deſcription & avantages du Téleſcope par réflexion.

JE comptois, mon cher Chevalier, pouvoir dans une ſeule lettre vous faire l'abrégé du livre premier de l'Optique de Newton. Mais l'entrepriſe eſt trop forte; ce livre contient lui ſeul 138 pages in-4°, c'eſt-à-dire, près de la moitié de l'Ouvrage dont j'ai commencé à vous rendre compte. Je me ſuis donc déterminé à en faire la matiere de deux lettres; & je l'ai fait d'autant plus volontiers, qu'il eſt diviſé en deux Parties très-diſtinguées l'une de l'autre. Newton avance dans la première Partie huit Propoſitions des plus eſſentielles, & il les prouve par les expériences les plus triomphantes. Entrons en matière. Sa première Propoſition eſt conçue en ces termes: *Les rayons de lumière différemment*

différemment colorés ont auſſi différens dégrés de réfrangibilité.

Pour faire toucher au doigt cette vérité, Newton s'y prit de la ſorte. Il choiſit une bande de carton d'environ 2 doigts de largeur & de 5 à 6 pouces de longueur. Il en peignit 3 pouces en bleu & 3 pouces en rouge. Il envelopa pluſieurs fois le carton ſuivant ſa longueur avec un gros fil noir qui formoit des lignes paralléles entr'elles. Il l'éleva perpendiculairement contre la muraille, de telle ſorte qu'une des deux couleurs ſe trouvoit à droite & l'autre à gauche. Il en approcha pendant la nuit une groſſe chandelle allumée, en prenant bien garde que la flame ne montat guères plus haut que l'extrémité inférieure du carton, & qu'elle répondit à peu près à la ligne qui ſéparoit les deux couleurs. A ſix pieds & 1 ou 2 pouces de diſtance de-là, il éleva verticalement une lentille de verre de 4 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, & de ſix pieds 1 ou 2 pouces de foyer. Il plaça un papier blanc

au foyer de cette lentille ; & il éprouva que, pour avoir une image diſtincte de la partie teinte en rouge, il falloit porter le papier blanc un pouce & demi plus loin, que pour avoir une image diſtincte de la partie teinte en bleu. Il conclut de-là que la lumiere rouge & la lumiere bleue n'avoient pas le même dégré de réfrangibilité, & que par conſéquent *les rayons de lumière différemment colorés ont auſſi différens degrés de réfrangibilité.* C'eſt là la ſeconde expérience de l'Optique de Newton. Je pourrois vous rapporter la premiere en preuve de la même vérité ; mais ce ſeroit alors vous envoyer plutôt la traduction, que l'abrégé de cet Ouvrage immortel. J'en viens à ſa ſeconde propoſition.

La lumière du Soleil, dit-il, *eſt compoſée de rayons différemment réfrangibles.* Ce fut pour le démontrer, que le Philoſophe Anglois fit l'expérience ſuivante. Il fit entrer un rayon du ſoleil, gros à peu près comme une plume à écrire, dans une cham-

bre obſcure expoſée au midi. Il fit tomber ce rayon ſur un des angles d'un priſme triangulaire de verre. Il le reçut refracté ſur un carton, & il eut une image compoſée de 7 couleurs rangées en cet ordre, le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet. Il s'aperçut que le rouge étoit toujours plus près, & le violet plus loin que les autres de l'endroit où le rayon ſolaire avoit coutume de ſe rendre, lorſqu'il ne le faiſoit paſſer par aucun priſme. Il s'apperçut encore que les autres couleurs étoient d'autant plus éloignées de ce même endroit, qu'elles étoient plus près du violet. Il conclut de-là que tout rayon ſolaire eſt compoſé de 7 rayons différemment réfrangibles, parmi leſquels le rayon rouge a le moins, le rayon violet le plus de réfrangibilité, & les autres plus ou moins, ſuivant qu'ils ſont plus ou moins près du rayon violet. C'eſt-là la troiſième expérience de l'Optique de Newton. Ne démontre-t-elle pas que *la lumière du Soleil*

eſt compoſée de rayons différemment réfrangibles ?

La lumière de cet Aſtre eſt auſſi compoſée de rayons différemment réflexibles ; & la plus grande réflexibilité eſt toujours jointe à la plus grande réfrangibilité. C'eſt là, mon cher Chevalier, la troiſième propoſition qu'avance Newton, & qu'il prouve par une expérience auſſi frappante que les deux que je vous ai déjà rapportées. Je pris, *dit-il*, un priſme rectangulaire, dont les deux angles aigus avoient chacun 45 degrés. Je fis tomber à peu près perpendiculairement ſur un des côtés de ce priſme, le rayon introduit dans la chambre obſcure. Je m'apperçus qu'il ſortoit de deſſous la baſe, & qu'il alloit former une image colorée où le rouge occupoit la partie inférieure, le violet la partie ſupérieure, & les autres couleurs étoient rangées dans l'ordre ordinaire. Je tournai très lentement le priſme ſur ſon axe, pour empêcher que le rayon ne ſortit comme auparavant, & pour faire enſorte que ré-

fléchi par les parties ſolides de la baſe, il vint ſortir par le côté oppoſé à celui par lequel il étoit entré. Je remarquai que le rayon violet ſe réfléchiſſoit le plûtôt, le rayon rouge le plus tard, & les autres plutôt ou plus tard, ſuivant qu'ils étoient plus ou moins près du rayon violet. A meſure que je faiſois réfléchir les rayons de lumière, je les obligeois à paſſer par un ſecond priſme dont les deux plus grandes faces formoient un angle d'environ 55 degrés; & j'eus toujours une image colorée, terminée, ſuivant la coutume, par le rouge & par le violet. Je conclus de-là que *la lumière du Soleil étoit compoſée de rayons différemment réflexibles, & que la plus grande réflexibilité étoit toujours jointe à la plus grande réfrangibilité.* C'eſt-là la neuvième expérience de l'Optique de Newton. Comme elle eſt plus compliquée que les deux autres, vous ne ſerez pas faché, mon cher Chevalier, d'en voir la figure. FO (Fig. 1. Pl. 1), repréſente le volet de la chambre obſcure, troué au

point F. F M eſt le rayon introduit. B A C eſt le priſme rectangulaire dont l'angle A eſt de 90, & les angles B & C de 45 degrés chacun. A C eſt le côté du priſme ſur lequel le rayon F M tombe à peu près perpendiculairement. G H eſt l'image colorée, où l'on voit le rouge au point G, le violet au point H, & les autres 5 couleurs entre deux. M N eſt le rayon F M que l'on fait réfléchir par les parties ſolides de la baſe B C, & que l'on fait ſortir par le côté B A, en faiſant deſcendre peu à peu le point B vers le point Q. Le ſecond priſme dont parle Newton, c'eſt V X V; & T P, c'eſt la ſeconde image terminée par le violet P, & par le rouge T.

Juſques à préſent, mon cher Chevalier, les propoſitions de Newton ont été de ſimples théorémes. Il n'en eſt pas ainſi de la ſuivante; c'eſt un probléme dans toutes les formes; on y trouve la méthode de ſéparer les rayons hétérogénes, les uns d'avec les autres. Après avoir fait cette

ſéparation, il fait paſſer un rayon ſimple, par exemple, le rouge par un trou circulaire d'environ deux lignes de diamétre; il fait réfracter ce rayon à travers un priſme; & comme il ne change pas de couleur, il conclut que les couleurs homogénes ſont inaltérables, & que les rayons primitifs ſont colorés eſſentiellement & par eux-mêmes. C'eſt-là ce qu'il y a de plus intéreſſant dans la 12e expérience & dans la cinquième propoſition de l'Optique. Newton dans ſa ſixième propoſition démontre la vérité de ce qu'il a avancé dans ſon cinquième axiome. Il fait à peu près la même choſe dans la propoſition troiſième de la ſeconde partie de ce premier livre; auſſi attends-je d'en être venu là, pour avoir occaſion de ſuppléer à ce qui manque à ma premiere Lettre. En vous parlant de la *raiſon* qu'il y a entre le ſinus de l'angle d'incidence d'un rayon quelconque & le ſinus de ſon angle de réflexion, je n'ai fait mention que du rayon rouge; je ferai dans la ſuite paſſer

les ſix autres rayons en revûe, & j'eſpère que vous ſerez content de l'exactitude ſcrupuleuſe avec laquelle notre incomparable Phyſicien a procédé. S'il a tant inſiſté ſur la différente réfrangibilité des 7 rayons de lumière, ç'a été pour prouver que les lunettes aſtronomiques ordinaires étoient ſujettes à de très-grands inconvéniens. Juſqu'à préſent, *dit-il dans ſa ſeptième propoſition*, on les a attribués à la figure des verres dont on eſt obligé de ſe ſervir. Mais on s'eſt bien trompé. Quelque figure que vous donniez à ces verres, vous ne viendrez jamais à bout de réünir au même point les rayons hétérogénes dont la lumière eſt compoſée; vous ne vous procurerez donc jamais une image diſtincte de l'objet que vous voudrez obſerver. Sa 16e expérience en fournit une preuve bien ſenſible. Au lieu de teindre en rouge & en bleu une bande de carton, comme il avoit fait dans l'expérience que je vous ai rapportée au commencement de cette lettre, il en prit une plus longue ſur laquelle il

peignit les 7 couleurs primitives. Il plaça ſa lentille comme auparavant, & il s'apperçut que le foyer des rayons violets étoit plus près du centre de la lentille de 5 pouces $\frac{1}{3}$, que celui des rayons rouges ; le foyer des autres 5 rayons étoit plus ou moins près de ce même centre, qu'ils étoient eux-mêmes plus ou moins près du rayon violet. Il conclut de-là que, lorſque l'objet & le foyer du verre ſe trouvent préciſément à la même diſtance, l'un d'un côté, l'autre de l'autre, la différence qu'il y a entre l'endroit où ſe réuniſſent les rayons les plus réfrangibles & celui où ſe réuniſſent ceux qui le ſont le moins, eſt à peu près la 14e partie de la longueur du foyer du verre. En effet 5 pouces & $\frac{1}{3}$ ſont à peu près la 14e partie de 6 pieds & 1 pouce. Newton ajoute que ſi l'objet eſt tellement éloigné de la lentille, que ſes rayons tombent à peu près paralléles ſur ſa ſurface, comme il arrive aux rayons du Soleil, la différence qu'il y aura entre l'endroit où ſe

réüniront les rayons les plus réfrangibles, & celui où ſe réüniront ceux qui le ſont le moins, ne ſera que la 27e, ou la 28e partie de la longueur du foyer de la lentille. Cette étendue cependant lui a paru aſſez conſidérable, pour l'engager à avancer qu'il étoit impoſſible d'avoir des lunettes parfaites, lorſqu'on ſeroit déterminé à n'employer que des verres. C'eſt-là le fond de ſa ſeptième propoſition.

Il nous donne dans ſa huitième propoſition la méthode de conſtruire un Téleſcope par réflexion. Voici la deſcription de ce fameux inſtrument. Au fond du grand tuyau V X V Z (Fig. 2 Pl. 1.) que l'on a eu ſoin de noircir très-exactement en dedans, ſe trouve un miroir concave A B C D de métal, ou de verre que le vif-argent, dont on a couvert la partie C D, a rendu opaque; ce miroir a ſon foyer au point T, de même que l'oculaire plan convexe H. Une tige porte un priſme rectangulaire de verre F E G, dont l'angle E eſt droit, & dont les deux autres

angles ſont exactement de 45 dégrés chacun. Il eſt tellement placé, que les rayons paralléles P Q, R S, après avoir été réfléchis par la ſurface concave A B, entrent par la face F E du priſme, ſont réfléchis par ſa baſe F G, & ſortent par ſon côté G E, pour ſe réunir au point T, foyer commun du miroir & de l'oculaire. Cet inſtrument, *dit Newton*, renverſe néceſſairement les objets; mais il ſera facile de les redreſſer; on prendra pour cela un priſme rectangulaire de verre dont les côtés F E & E G ſoient convexes, au lieu d'être plans. Celui qui fut conſtruit en l'année 1672 n'avoit que deux pieds de longueur, & il faiſoit l'effet d'une lunette de 8 à 10 pieds.

Je comprens, mon cher Chevalier, que la deſcription que je viens de vous faire du Téleſcope de Newton, a dû vous dérouter. Vous en avez un excellent dont la conſtruction eſt un peu différente. Il repréſente les objets dans leur ſituation ordinaire. Le grand miroir du fond eſt troué

au milieu, pour recevoir un petit tuyau qui contient deux oculaires, l'un plan convexe, & l'autre convexo-convexe. Vers l'ouverture du Téleſcope, une tige porte, non un priſme de verre, mais un petit miroir concave de métal, oppoſé au trou du grand miroir, dont le diamétre eſt un peu plus grand que celui de ce Trou. C'eſt bien là dans le fond le Téleſcope de Newton; mais Grégory a cru le rendre & l'a rendu en effet beaucoup plus commode, en y faiſant ces corrections. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'ai trouvé de plus remarquable dans la premiére partie du livre premier de l'Optique de Newton. Je ne tarderai pas à vous envoyer l'abrégé de la ſeconde partie du même livre. Je ſuis &c.

LETTRE TROISIÉME

Défaut qui ſe trouve dans l'arrangement des trois premières propoſitions de la ſeconde partie du livre premier de l'Optique de Newton. Abrégé de ce que contiennent ces trois propoſitions & les ſuivantes qui compoſent cette ſeconde partie. Explication détaillée de l'arc-en-ciel.

IL me paroit, mon cher Chevalier, que Newton auroit dû être ſatisfait de la manière dont il avoit prouvé, dans la première partie du livre premier de ſon Optique, que les 7 rayons primitifs n'étoient différemment colorés, que parce qu'ils étoient différemment réfrangibles & différemment réflexibles. Il faut cependant qu'il ait eu quelque ſcrupule là deſſus; puiſque les trois premières propoſitions de la ſeconde partie de ce même livre, roulent ſur la même matière. Il avance dans la première, que les phénoménes que nous préſente la lu-

mière réfractée, ou réfléchie ne peuvent s'expliquer que par des rayons colorés par eux-mêmes. Il appporte dans la seconde quelques nouvelles expériences qui prouvent auſſi démonſtrativement que les précédentes, que rien au monde ne peut ôter à un rayon primitif ſa couleur homogéne. La plus frappante eſt la ſixième. Elle conſiſte à faire tomber un rayon ſimple, par exemple, le rayon rouge ſur des corps de différente couleur, tels que ſont des morceaux de drap rouge, verd, jaune, blanc, noir &c.; & comme l'on s'apperçoit que ce rayon teint en rouge tous les corps ſur leſquels il tombe, avec cette ſeule différence que le premier drap paroit d'un rouge beaucoup plus brillant que les autres, l'on eſt obligé de conclure avec Newton, que la lumière ne doit pas ſes différentes couleurs aux différentes manières dont elle eſt réfléchie, & que, ſi elle étoit homogéne, tous les objets ſeroient à peu près de la même couleur. Dans ſa troiſième propoſition, le Phyſicien Anglois dé-

termine avec l'exactitude la plus ſcrupuleuſe la différente réfrangibilité de chaque rayon primitif. Il réſulte de ſes recherches que, lorſque la lumière paſſe du verre dans l'air, le Sinus d'incidence du rayon rouge : au ſinus de réfraction du même rayon :: 50 : 77. Les ſinus de réfraction des ſix autres rayons primitifs, dont l'angle d'incidence eſt ſuppoſé le même que celui du rayon rouge, ſont repréſentés par les nombres $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78 : nouvelle preuve que le rayon rouge eſt le moins réfrangible ; que le rayon violet l'eſt le plus ; & que les 5 autres le ſont plus ou moins, ſelon qu'ils ſont plus ou moins près du rayon violet. C'eſt-là, mon cher Chevalier, une vérité que je ne pourrois trop vous inculquer ; vous ne ſçaurez l'Optique de Newton, que lorſque vous en aurez pénétré le ſens. Ces trois premières propoſitions auroient pû, j'ai preſque dit, auroient dû entrer dans la première partie du livre premier. Il n'en eſt pas ainſi des ſuivantes. Newton ex-

mine dans la quatrième & dans la cinquième les couleurs qui réſultent du mélange des rayons primitifs. Il a trouvé que le mélange du rayon rouge & du rayon jaune donnoient l'orangé, mais un orangé, ajoute-t-il, bien différent du primitif, puiſque le priſme ne peut rien ſur celui-ci, & qu'il décompoſe très-facilement celui-là en ſes couleurs élémentaires. Il en eſt de même de l'eſpèce de verd que donne le mélange des rayons jaune, verd & bleu. Pour le blanc, c'eſt la plus compoſée des couleurs; on ne l'a, qu'en réüniſſant au foyer d'une très-bonne lentille les 7 couleur primitives que le priſme avoit manifeſtées. La dixième expérience le prouve de la manière la plus ſenſible. Je n'ai rien trouvé dans la ſixième & la ſeptième propoſitions qui méritat de vous être rapporté. Ce que je remarque dans la huitième propoſition, ou plutôt dans l'explication de la huitième propoſition, c'eſt qu'une bande noire qui entoure un corps blanc, paroit colorée, lorſqu'on la regar-

de à travers le priſme ; il en eſt de même d'un corps noir entouré d'une bande blanche ; l'on voit ſur ce corps différentes couleurs, lorſqu'on ſe ſert du priſme pour le conſidérer. Mais enfin ces couleurs ne ſçauroient venir du noir qui ne refléchit preſque aucun rayon de lumière ; il faut donc les attribuer dans le premier cas aux rayons réfléchis par le corps blanc, & dans le ſecond aux rayons réfléchis par la bande blanche.

La neuvième & la dixième propoſitions me paroiſſent les plus importantes de toutes. Dans celle-là Newton explique les couleurs de l'arc-en ciel, & dans celle-ci les couleurs des objets. Il avoue ſans peine qu'aucune des couleurs primitives ne ſe trouve, & ne ſçauroit ſe trouver dans les objets colorés. Nos corps rouges ſont des corps qui, après avoir décompoſé la lumière du ſoleil, abſorbent dans leurs pores la plupart des rayons non rouges, & réfléchiſſent très-abondamment à nos yeux le moins réfrangible & le moins réflexi-

ble des 7 rayons. Il en eſt de même des objets que nous appellons jaunes, verds, bleus, violets, &c. Les couleurs ſecondaires & compoſées ne lui paroiſſent pas plus difficiles à expliquer que les ſimples & les primitives. Un objet réfléchit-il en même tems le rayon rouge & le rayon jaune ? Sa couleur tirera ſur l'orangé. Elle tireroit ſur le verd, s'il réfléchiſſoit les rayons jaune, verd & bleu, & qu'il abſorbat tous les autres. Mais pourquoi, *me direz-vous*, tel corps réfléchit-il tel rayon, & abſorbe-t-il tel autre ? Vous ne ſerez pas tenté de me faire une pareille queſtion, lorſque vous aurez examiné les preuves ſur leſquelles nous avançons, que les rayons primitifs ne ſont différemment réfrangibles & différemment réflexibles, que parce qu'ils ſont différens en maſſe & en figure. Mais ne prévenons pas le tems ; & puiſque nous avons réſolu de ſuivre Newton pas à pas, attendons, pour le dire, que nous ſoyons arrivés à l'endroit de l'Optique, où ce point de Phyſique eſt expliqué le mieux du

monde. Contentons-nous à préſent de rendre raiſon d'un effet que ce Phyſicien n'a pas regardé comme indigne de ſon attention. Il s'apperçut qu'une feuille d'or très mince lui paroiſſoit verte, lorſqu'il la plaçoit entre le ſoleil & ſes yeux, & qu'elle lui paroiſſoit jaune, lorſqu'il plaçoit ſes yeux entre le ſoleil & elle. Il penſa que cette feuille avoit des pores droits qui laiſſoient paſſer les rayons verds, des parties ſolides qui réfléchiſſoient principalement les rayons jaunes, & des pores obliques qui abſorboient les 5 autres rayons. Il conclut de-là que cette feuille vûë par des rayons réfléchis devoit paroître jaune; & qu'elle devoit paroître verte, lorſqu'on la voyoit par des rayons réfractés. Les verres colorés ſont à peu près dans le même goût. Ce ſont des corps à demi-diaphanes dont les pores obliques abſorbent les rayons qui ne ſont pas de la couleur du verre; les pores droits laiſſent paſſer principalement, & les parties ſolides réfléchiſſent principalement les rayons qui ſont de la cou-

leur du verre dont il s'agit. Un verre verd, *par exemple*, a donc des pores obliques propres à abſorber les rayons non verds, des pores droits qui laiſſent paſſer principalement les rayons verds qui ſe préſentent à leur ouverture, & des parties ſolides qui renvoient tous les rayons qu'elles reçoivent; & comme elles reçoivent principalement des rayons verds, puiſque les autres ont été abſorbés dans des pores obliques, le verre verd doit non-ſeulement faire paroître les objets verds, mais il doit encore le paroître lui-même. Tout cela n'eſt pas difficile à comprendre. Il n'en eſt pas ainſi de l'arc-en ciel. c'eſt un point de Phyſique aſſez difficile à expliquer. Je tâcherai cependant de vous rendre clairement ce qu'en a dit Newton, d'après M. de Dominis & Deſcartes, dans ſa neuvième propoſition.

Je vous prie d'abord de remarquer, mon cher Chevalier, que les couleurs de l'arc-en-ciel ſuppoſent évidemment des goutes d'eau répandues ſur certains nuages

oppoſés au ſoleil. Ces goutes d'eau décompoſent les rayons ſolaires à peu près comme le font nos priſmes ordinaires de verre ; elles doivent donc nous manifeſter, à peu près comme eux, les 7 couleurs primitives. Je ne crois pas qu'un homme raiſonnable puiſſe douter de ce fait. Nous ne voyons l'arc-en-ciel qu'après la pluie, ou que dans un tems humide. Les rayons ſolaires tombant obliquement ſur une prairie couverte de roſée, y produiſent ſouvent des arcs colorés, ſemblables à ceux que nous voyons ſur les nuës. Nous appercevons ſouvent les couleurs de l'Iris, lorſque le vent agite un jet d'eau éclairé par le ſoleil, & qu'il diviſe ſes parties en petite pluie. Tous ceux qui regardent le jet d'eau n'apperçoivent pas ce phénoméne ; il n'eſt que ceux qui le regardent, le dos tourné au ſoleil, & qui reçoivent les rayons réfractés ſous certains angles. Mais quels ſont ces angles ? Newton pour les déterminer, fit l'expérience ſuivante. Il expoſa au ſoleil une boule de verre creuſe, remplie d'une

eau très-claire. Il ſe plaça entre la boule & cet aſtre auquel il tournoit le dos. Il s'apperçut qu'il avoit deux moyens de voir la couleur violéte ; le premier étoit de recevoir dans l'œil O, (Fig.3 Pl.1) le rayon réfracté O E, de telle ſorte qu'il fit avec l'axe de viſion O P un angle E O P de 40 dégrés, 17 minutes ; le ſecond étoit de recevoir un ſemblable rayon O H ſous un angle H O P de 54 degrés, 7 minutes. Il s'apperçut encore qu'en faiſant monter lentement le globe du point E au point F, il voyoit ſucceſſivement les 7 couleurs primitives, & que la dernière, c'eſt-à-dire, le rouge diſparoiſſoit, lorſque le rayon réfracté ne venoit pas à ſon œil préciſément ſous l'angle de 42 dégrés, 2 minutes. Il s'apperçut enfin qu'en faiſant deſcendre lentement le globe du point H au point G, il voyoit encore ſucceſſivement les 7 couleurs primitives, dont la dernière, c'eſt-à-dire, le rouge diſparoiſſoit, lorſque le rayon réfracté ne ſe rendoit pas à ſon œil préciſément ſous l'angle de 50 dégrés, 57

minutes. Il conclut de-là qu'un certain nombre de goutes d'eau placées les unes ſous les autres, nous manifeſtent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel intérieur ; ce ſont celles qui, après avoir décompoſé la lumière ſolaire en 7 rayons, nous les réfléchiſſent ſous 7 angles, dont le plus petit eſt de 40 dégrés, 17 minutes, & le plus grand de 42 dégrés, 2 minutes. Il conclut encore qu'un pareil nombre de goutes d'eau rangées les unes ſous les autres, nous donnent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel extérieur; ce ſont celles qui, après avoir décompoſé la lumière ſolaire en 7 rayons, nous les réfléchiſſent ſous 7 angles dont le plus petit eſt de 50 dégrés, 57 minutes, & le plus grand de 54 dégrés, 7 minutes.

Quelque phyſique que ſoit cette explication, je prévois, mon cher Chevalier, que vous aurez cent queſtions à me faire. Vous me demanderez d'abord pourquoi dans l'arc-en-ciel intérieur le violet paroit ſous le plus petit, & dans l'arc-en-ciel extérieur ſous le plus grand des angles; ou,

ce qui revient au même, vous me demanderez pourquoi dans l'arc intérieur le violet occupe la place inférieure, tandis qu'il occupe la place supérieure dans l'arc extérieur.

Pour satisfaire pleinement à cette question, je vous prierai de jetter les yeux sur la *figure 3 de la plan.* 1. Je vous ferai remarquer que dans l'arc-en-ciel intérieur la lumière entre dans les goutes d'eau par leur partie supérieure, & que dans l'arc-en-ciel extérieur elle y entre par leur partie inférieure. Le rayon violet, comme le plus réfrangible de tous, doit donc s'écarter plus que les autres de la ligne d'incidence; il doit donc occuper la partie inférieure dans l'arc intérieur, & la partie supérieure dans l'arc extérieur; il doit donc paroitre dans celui-là sous le plus petit, & dans celui-ci sous le plus grand des angles. Par une raison contraire, le rouge doit ocuper la partie supérieure dans l'arc intérieur, & la partie inférieure dans l'arc extérieur.

L'inspection

L'inſpection de la même figure vous apprendra pourquoi les couleurs ſont toujours plus vives dans l'arc intérieur, que dans l'arc extérieur. Dans celui-ci la lumière ſouffre deux réflexions, tandis qu'elle n'en ſouffre qu'une dans celui-là.

Vous me demanderez encore pourquoi l'iris nous paroit en forme d'arc. Je vous répondrai que ſi nous étions plus élevés ſur l'horizon que nous ne le ſommes, nous verrions, non pas un arc, mais un cercle coloré; parce que notre œil ſe trouve au ſommet d'un cone tranſparent qui a pour baſe les nuages ſur leſquels les rayons ſolaires vont ſe réfracter. Peut-être eſt-il plus d'un oiſeau de proye qui voie le cercle coloré dont je viens de vous parler.

Vous me demanderez enfin pourquoi nous voyons quelquefois l'arc-en-ciel renverſé. Je vous répondrai, non pas avec Newton, mais avec Deſcartes, que ces eſpèces d'arcs ſont produits par la lumière du ſoleil qui ne vient aux nuages qu'après

avoir été réfléchie par quelque lac, quelque grand fleuve, & plus communément par les eaux de la mer. Voilà ce qu'un homme comme vous ne ſçauroit guères ſe diſpenſer de ſçavoir ſur l'arc-en-ciel. J'ai moins cherché à vous l'apprendre, qu'à vous rappeller ce que l'on vous avoit appris autrefois, au moins pour le fond, dans votre jeuneſſe. Je ſuis &c.

LETTRE QUATRIÉME.

Idée générale du ſecond livre de l'Optique de Newton. Abrégé de la première & ſeconde Parties de ce livre. Réflexions critiques ſur ces deux Parties.

EN vous rendant compte du ſecond livre de l'Optique de Newton, je n'aurai que trop ſouvent occaſion, mon cher Chevalier, de vous faire remarquer que les plus grands hommes ſont expoſés à faire des romans en Phyſique, lorſqu'ils ne ſont pas aſſez en garde contre les écarts de leur imagi-

nation. Ce ſecond livre eſt diviſé en quatre parties. La première contient 24 obſervations faites avec tout le ſoin, toute la patience, toute la délicateſſe & tout le ſuccès poſſible. Voici les principales. Newton prit deux verres objectifs (1), l'un plan-convexe appartenant à une lunette de 14 pieds, & l'autre convexo-convexe appartenant à une lunette de 50 pieds de longueur. Il preſſa la convexité de celui-ci ſur le plan de celui-là, de telle ſorte qu'il pouvoit voir ce qui ſe paſſoit entre deux; & il s'apperçut de ce qui ſuit.

1°. Lorſqu'il poſoit ces deux verres ainſi joints ſur quelque choſe d'obſcur, il voyoit au point de contact une tache noire entourée de pluſieurs anneaux diverſement colorés. L'ordre des couleurs, à commencer par la tache noire, étoit tel: *bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre, bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge, bleu tirant ſur le verd, rouge.*

(1) Obſervation 4.

2°. Comme ces anneaux colorés étoient ſéparés par des anneaux noirs, il voulut meſurer les diamétres des uns & des autres. Il trouva (1) que les quarrés des diamétres de 6 premiers cercles colorés gardoient la progreſſion arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, tandiſque les quarrés des diamétres des 6 premiers anneaux noirs gardoient la progreſſion arithmétique des nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, 12.

3°. Newton ne s'eſt pas contenté d'aſſurer que les anneaux colorés & les anneaux obſcurs augmentoient en épaiſſeur, à meſure qu'ils s'éloignoient de la tache noire. Il a plus fait. Il a cherché leur épaiſſeur abſolue (2), & il prétend avoir trouvé que les fractions $\frac{1}{178000}$, $\frac{3}{178000}$, $\frac{5}{178000}$, $\frac{7}{178000}$, $\frac{9}{178000}$, $\frac{11}{178000}$ parties d'un pouce marquent les épaiſſeurs des 6 premiers cercles colorés & que les fractions $\frac{2}{178000}$,

(1) Obſervation 5.
(2) Obſervation 6.

$\frac{4}{178000}$, $\frac{16}{178000}$, $\frac{8}{178000}$, $\frac{10}{178000}$, $\frac{12}{178000}$ parties d'un pouce marquent celles des 6 premiers cercles obscurs. Si ce calcul est exact, j'avoue que Newton est le premier observateur que le monde ait produit ; peut-être ne produira-t'il jamais son semblable.

4°. Lorsque notre Physicien tenoit en main les deux *objectifs* en question, & qu'il les plaçoit de manière à recevoir la lumière qui les traversoit, il voyoit, au lieu d'une tache noire au point de contact, (1) un espace circulaire d'une très grande clarté, & des anneaux colorés en cet ordre : *rouge tirant sur le jaune, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, verd tirant sur le bleu, rouge, verd tirant sur le bleu, rouge.* Il s'apperçut encore que les anneaux auparavant noirs devenoient lumineux, lorsqu'il recevoit les rayons solaires à travers les deux *objectifs* pressés l'un contre l'autre.

5°. Lorsque dans la chambre obscure

(1) Observation 9.

il faiſoit tomber ſur ſes *objectifs* un rayon homogéne, par exemple, le rayon rouge, il voyoit rouges tous les anneaux qu'il avoit vûs auparavant de différente couleur. S'il faiſoit paſſer le rayon rouge à travers ſes *objectifs*, & qu'il le reçut enſuite ſur un papier blanc, chaque anneau auparavant rouge lui donnoit ſur la feuille de papier un anneau noir, & chaque anneau auparavant noir lui en donnoit un rouge (1).

6°. Les boules de ſavon que les enfans ont coutume de ſouffler, lui préſenterent à peu près les mêmes phénoménes que les deux *objectifs*. Lorſqu'après avoir eu ſoin de mettre derrière ces boules quelque choſe d'obſcur, il recevoit la lumière qu'elles réfléchiſſoient, il voyoit des anneaux colorés en cet ordre, à commencer par la partie ſupérieure de la boule, c'eſt-à-dire, par la partie la plus mince : *rouge, bleu, rouge, bleu, rouge, bleu, rouge, verd, rouge, jaune, verd, bleu, pourpre, rouge,*

(1) Obſervation 15.

jaune, verd, bleu, violet, rouge, jaune, blanc, bleu, noir. (1) Lorſqu'il ne voyoit ces boules, qu'en recevant la lumière qui les traverſoit, il avoit à peu près le même nombre d'anneaux colorés; mais les couleurs étoient rangées dans un ordre différent. La lumière réfractée faiſoit, par exemple, paroître rouges les anneaux que la lumière réfléchie avoit fait auparavant paroître bleus. (2)

7°. Newton reprit encore ſes deux *objectifs*. Il les regarda à travers un priſme ordinaire de verre; & il compta plus de cent anneaux colorés; il ne les compta pas tous, parce qu'il crut que le nombre en étoit innombrable (3). Voilà, mon cher Chevalier, ce qu'il y a de plus intéreſſant & de plus curieux dans les 24 Obſervations qui forment la première partie du livre ſecond de l'Optique de Newton. Elles donnent occaſion à ce Phyſicien de faire les réfle-

(1) Obſervation 17 & 18.
(2) Obſervation 20.
(3) Obſervation 24.

xions ſuivantes ; & ces réflexions forment la ſeconde partie de ce même livre.

Je ne crois pas *dit-il*, que tous ces phénoménes arrivaſſent, ſi chaque rayon de lumière n'avoit pas un degré déterminé de réfrangibilité & de réflexibilité ; ſi en particulier, le rayon violet n'étoit pas le plus réfrangible & le plus réflexible, le rayon rouge le moins réfrangible & le moins réflexible de tous les rayons, & ſi les 5 autres n'étoient pas plus ou moins réfrangibles & réflexibles, ſelon qu'ils ſont plus ou moins près du rayon violet.

Je ne le crois pas auſſi. Mais cependant je vous avouerai, mon cher Chevalier, avec la franchiſe que vous me connoiſſez, que ſi tout ce qui regarde la réfrangibilité & la réflexibilité des rayons ſolaires ne m'étoit pas démontré d'ailleurs, les obſervations de Newton ne m'auroient donné là-deſſus aucune lumière. Je ne vois ici aucun ordre gardé dans l'arrangement des couleurs ; je n'y vois qu'un air, apparemment très-hétérogéne, dont les différentes lames ont des

effets très-analogues à ceux de la feuille d'or de ma dernière lettre.

La 15e Obſervation que je vous ai rapportée (*num.* 5.) a donné occaſion à Newton de nous faire remarquer que, ſi les rayons ſimples n'avoient pas chacun une couleur inaltérable & invariable, le rayon rouge n'auroit pas donné ſa couleur à des anneaux qui paroiſſoient diverſement colorés, lorſqu'ils recevoient la lumière, telle qu'elle nous vient du ſoleil. Cette réfléxion eſt ſage, & je ne vois pas qu'on puiſſe ſe diſpenſer d'y ſouſcrire.

Enfin Newton prétend avoir tiré de ſes obſervations une véritable analogie entre les couleurs & les tons de la muſique. Je ne ſçais pas ce que j'en penſerois, ſi j'étois muſicien ; mais je ſçais bien que je ſuis charmé de ne l'être pas ; par-là je ne ſuis pas expoſé à faire des conjectures que j'appelle *ingénieuſes*, parce qu'elles nous viennent d'un des plus grands hommes que le monde ait produit ; mais que j'appelleroi *romaneſques*, ſi elles ne nous ve-

noient pas d'un auſſi grand Phyſicien que lui. Ce furent apparemment ces conjectures qui donnerent, il y a quelques années, au P. Caſtel Jéſuite l'idée d'un claveſſin oculaire qui devoit faire paroître ſucceſſivement des couleurs harmoniques, comme nos claveſſins nous font entendre des ſons. *On ne peut*, dit Monſieur de Voltaire (1), *que remercier un homme qui cherche à donner aux autres de nouveaux arts, & de nouveaux plaiſirs. Il y a eu des païs où le Public l'auroit récompenſé. Il eſt à ſouhaiter ſans doute que cette invention ne ſoit pas, comme tant d'autres, un effort ingénieux & inutile. Ce paſſage rapide de pluſieurs couleurs devant les yeux ſemble peut-être devoir étonner, éblouir, & fatiguer la vûe; nos yeux veulent peut-être du repos, pour jouir de l'agrément des couleurs. Ce n'eſt pas aſſez de nous propoſer un plaiſir; il faut que la Nature nous ait rendus capables de recevoir ce plaiſir; c'eſt à*

(1) Élémens de la Philoſophie de Newton, pag. 324.

l'expérience ſeule à juſtifier cette invention. En attendant il me paroit que tout eſprit équitable ne peut que louer l'effort & le génie de celui qui cherche à aggrandir la carrière des arts & de la Nature. Je veux cependant vous faire remarquer, avant que de finir cette lettre, mon cher Chevalier, que l'analogie que Newton a imaginée entre les couleurs & les tons de la muſique, n'eſt pas ce qu'il y a de plus hazardé dans le ſecond livre de ſon Optique. Je n'aurai que trop ſouvent occaſion dans les lettres ſuivantes de vous préſenter de ſa part des fictions, au lieu d'explications phyſiques. Je ſuis, &c.

LETTRE CINQUIÉME.

Sentiment de Newton ſur la cauſe de la réflexion de la lumière & des couleurs des corps. Critique de ce ſentiment. Cauſes phyſiques de la tranſparence & de l'opacité des corps. Propagation de la lumière.

UN des défauts de l'Optique de Newton, (car cet ouvrage, quelque beau, quelque eſtimé qu'il ſoit, en a quelques uns), c'eſt de reſſaſſer la même matière, ou dans différens livres, ou dans différentes parties du même livre. Par exemple, mon cher Chevalier, dans la troiſième partie de ce ſecond livre, Newton revient encore ſur les couleurs des objets. Juſqu'à préſent il avoit paru nous dire que les corps n'avoient telle & telle couleur, que parce que leurs parties ſolides réfléchiſſoient telle & telle eſpèce de rayons, & que leurs pores abſorboient ou laiſſoient paſſer telle ou telle autre. Tous

cela portoit dans mon esprit les idées les plus claires & les plus lumineuses. Je concevois sans peine que des globules différens en masse & en figure ne pouvoient pas être absorbés par les mêmes pores. Je concevois encore plus clairement que ces globules de lumière, doués du ressort le plus parfait, ne pouvoient guères tomber sur des parties solides, sans être réfléchis. Vous vous trompiez, *me répond Newton ;* tout rayon de lumière qui touche un corps solide, est absorbé ou transmis (1). La raison qu'il en apporte, c'est qu'il n'existe aucun corps qui n'ait des pores sans nombre. L'or, *par exemple, dit-il,* qui vous paroit si dense, si compacte, a cependant plus de pores que de parties solides ; puisque la matière magnétique le traverse sans peine ; que l'eau régale le dissout, &c. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'appelle en bon françois une très mauvaise raison. Car enfin tout pore suppose des parois. Toute parois suppose des parties so-

(1) Prop. VIII, Part. 3, liv. 2.

revivre les qualités occultes de l'ancienne École.

Mais enfin ſur quelles raiſons ſe fonde Newton pour avancer un tel paradoxe ? Vous jugerez des autres par celle-ci ; c'eſt ſans contredit la meilleure de toutes celles qu'il apporte dans la propoſition que je vous ai déja citée deux fois. Les ſurfaces qui nous paroiſſent les plus unies, ſont hériſſées dans la réalité d'une infinité d'éminences & d'aſpérités qui les rendent incapables de réflexion. Ces éminences & ces aſpérités ſont des montagnes & des cavités énormes vis-à-vis un corps auſſi délié que la lumière. Elle ſe réfléchit cependant dans ces occaſions d'une manière très-exacte & très-régulière, c'eſt-à-dire, en faiſant un angle de réflexion exactement égal à celui d'incidence. Se réfléchiroit-elle de la ſorte, ſi les ſurfaces des corps y avoient la moindre partie ; & ſeroit-il poſſible que le miroir le plus poli nous procurât l'avantage de voir notre véritable image, ſi ſes parties ſolides renvoyoient à nos yeux

les rayons qui ſont parvenus juſqu'à elles ? Non ſans doute ; ces rayons ſont abſorbés dans les pores du miroir ; & ceux qui nous portent notre image avec tant de fidélité, ſont renvoyés auparavant par une force d'une toute autre nature. Voilà, mon cher Chevalier, le grand argument de Newton. Je vous avoue que je n'en ſuis pas effrayé, & qu'il ne me paroit pas aſſez fort pour m'engager à reconnoître dans la matière une qualité réflexive dont la ſphére d'activité s'étende au-delà des corps où l'on ſuppoſe qu'elle a fixé ſa demeure. Peſez, s'il vous plait, les raiſons que je vais apporter. La lumière, *dit Newton*, tombant ſur nos miroirs, fait un angle de réflexion égal à celui d'incidence. J'en conviens. Mais cette égalité n'eſt pas géométrique ; elle n'eſt que ſenſible. Or entre l'égalité géométrique & l'égalité ſenſible il y a une diſtance infinie ; & s'il faut une ſurface réellement unie pour donner la première, il ne faudra qu'une ſurface ſenſiblement unie pour occaſionner la ſeconde.

Nos miroirs, *ajoute Newton*, nous font voir notre image. Je le ſçais. Mais eſt-ce là notre véritable image ? Et n'en eſt-il pas de nos miroirs, comme de nos yeux qui ne nous font appercevoir que ce qu'il y a de plus groſſier dans les objets. Regardez, pour vous en convaincre, le même objet, d'abord dans un miroir, & enſuite à travers un bon microſcope ; vous conviendrez que j'ai raiſon de ſuſpecter la fidélité de nos meilleures glaces.

Enfin ſi Newton aſſure que les rayons de lumière ſont réfléchis, avant que de toucher la ſurface des corps ; il faut qu'il ajoute qu'ils ſont décompoſés dans le même endroit par ce pouvoir & cette force qu'il reconnoit dans la matière. Vous en voyez la raiſon, mon cher Chevalier ; un corps dans ſon ſyſtéme n'a telle ou telle couleur, que parce qu'à ſon approche telle ou telle eſpèce de rayons eſt réfléchie avec abondance, & telle ou telle autre eſpèce eſt abſorbée ou tranſmiſe par le corps ſur la ſurface duquel elle parvient. Donc la

pouvoir que Newton reconnoit dans la matière, non-seulement réfléchit, mais encore décompose les faisceaux de lumière qui nous viennent du Soleil. Voilà un pouvoir bien singulier. Dénué de connoissance, il sçait néanmoins qu'à l'approche du corps rouge, il doit défendre aux rayons les moins réfrangibles de continuer leur route, tandis qu'il doit appeller, pour ainsi dire, les six autres rayons pour les faire absorber ou transmettre, suivant que le corps est opaque ou diaphane. La même chose arrive à l'approche des corps jaune, verd, violet, &c. Je vous le répéte, mon cher Chevalier, je ne mets aucune différence entre pareilles explications, & celles que nous donnoient autrefois les défenseurs des qualités occultes.

Il faut avouer que les grands-Hommes sont d'un moment à l'autre bien différens d'eux-mêmes. Ce fut après nous avoir dit des choses admirables sur la cause physique de la transparence & de l'opacité des corps, que Newton nous débita ses conjectures fa-

buleuſes ſur les couleurs des objets. Je ne veux, pour vous en convaincre, que vous faire l'abrégé de la ſeconde, troiſième & quatrième Propoſition de cette troiſième Partie de ſon ſecond livre. Il aſſure dans la ſeconde Propoſition que les différenes lames, ou plutôt les différentes ſurfaces dont les corps les plus opaques ſont compoſés, ſont naturellement tranſparentes ; & il prouve ſon aſſertion par l'expérience la plus frappante. Préſentez, *dit-il*, au trou d'une chambre obſcure une tablette mince de bois, de talc, d'alun, d'albatre, d'ivoire, &c. la chambre ſera très-éclairée. Donc la lumière traverſe ſans peine toutes ces eſpèces de lames ; elles ſont donc toutes naturellement tranſparentes. Sa quatrième Propoſition contient des preuves plus détaillées, mais non pas plus évidentes de la même vérité. Il avance enfin dans la Propoſition troiſième que les corps ne ſont opaques, que parce qu'ils ont leurs pores, ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins denſe qu'eux. En effet, *dit-il*, imbibez un corps

d'une matière auſſi denſe, ou à peu près auſſi denſe que lui; d'opaque qu'il étoit, vous le rendrez infailliblement tranſparent; témoin le papier, à travers lequel on ne voyoit preſque rien, lorſqu'il avoit ſes pores remplis d'air, & que la lumière traverſe ſi facilement, lorſqu'il a ces mêmes pores remplis d'eau ou d'huile: témoins encore l'eau & l'huile elles-mêmes; ces deux fluides, pris chacun en particulier, ſont tranſparens; mêlés enſemble, ils deviennent opaques: témoin enfin le verre lui-même; mis en pouſſière, & par conſéquent tout pénétré de bulles d'air; il devient auſſi opaque, pour ne pas dire plus opaque que le métal. Concluons avec Newton que les corps tranſparens ſont compoſés de couches homogénes; ſont percés de pores droits, nombreux & diſpoſés en tout ſens; & qu'il n'y a dans l'intérieur de ces corps aucun intervalle qui ſépare les couches les unes d'avec les autres, ou bien que ces intervalles ſont remplis d'un fluide auſſi denſe que les couches elles mêmes. Concluons encore

que les couches qui compoſent les corps opaques ſont très-hétérogénes, & que les intervalles qui ſéparent ces couches ſont ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins denſe qu'elles. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'appelle expliquer les choſes d'une manière claire, palpable & phyſique. Ce que dit Newton dans la Propoſition onzième eſt à peu près dans le même gout. Il démontre dans toutes les formes que la lumière employe 7 à 8 minutes à parcourir l'eſpace qui ſe trouve entre le Soleil & la Terre. Mais comme cette démonſtration me paroit ici un hors d'œuvre, je la réſerve pour un autre occaſion. Vous voyez que mon attachement pour Newton ne m'empêche pas d'appercevoir les défauts qu'il y a dans ſes ouvrages, & de les relever avec aſſez de liberté. Je tiendrai la même conduite non ſeulement dans la lettre ſuivante, mais encore dans les différens comptes que je vous rendrai de ſes autres ouvrages. L'impartialité ſera ma deviſe. Je ſuis, &c.

LETTRE SIXIÉME.

Abrégé de la quatrième partie du ſecond livre de l'Optique de Newton. Explication phyſique des halo.

LA quatrième & la dernière partie du ſecond livre de l'Optique de Newton eſt à peu près, mon cher Chevalier, dans le goût de la première. Elle contient 13 obſervations qui dans le fond ne ménent à rien; mais qui ſuppoſent dans un homme qui a pu ſe déterminer à les faire, non-ſeulement des yeux de linx, mais encore toute la patience & toute la dextérité poſſibles. Comme je n'ai que la ſeconde de ces trois qualités, vous comprenez que je n'ai pas été tenté de les répéter. Voici la première de ces obſervations. Newton fit entrer dans la chambre obſcure par un trou d'un tiers de pouce de diamétre, un rayon ſolaire qu'il fit tomber perpendiculairement ſur un miroir conca-

ve de verre tiré d'une ſphére de 5 pieds, 11 pouces de rayon. Ce faiſceau de lumière n'arrivoit au miroir, qu'après avoir paſſé par un ſecond trou pratiqué au milieu d'un carton blanc ; & comme ce carton étoit directement oppoſé au miroir d'où il étoit éloigné de 5 pieds, 11 pouces, le faiſceau étoit réfléchi par la ſurface concave de verre, au dernier des deux trous qu'il avoit traverſé. Newton remarqua qu'il ſe formoit ſur le carton des anneaux lumineux, à peu près ſemblables à ceux dont je vous ai parlé dans ma quatrième lettre. Ils avoient tous pour centre le centre du trou du carton ; & ils n'étoient jamais plus beaux, que lorſque le carton étoit auſſi éloigné de la fenêtre, que du miroir, c'eſt-à-dire, à environ 6 pieds de l'une & de l'autre.

Notre obſervateur ne s'arrêta pas en ſi beau chemin. Il meſura les diamétres des quatre premiers anneaux intérieurs ; & il les trouva de 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 pouces $\frac{3}{8}$, 2 pouecs $\frac{15}{16}$, 3 pouces $\frac{1}{8}$. Il ne manqua pas de

de nous faire remarquer que les quarrés de ces 4 nombres gardent la progreſſion arithmétique des nombres 1, 2, 3 & 4. (*).

Comme un miroir de métal, poli avec l'exactitude la plus ſcrupuleuſe, ne donnoit ſur le carton blanc aucun anneau coloré (1), Newton auroit dû conclure que le verre, moins poli que le métal, décompoſoit la lumière ſolaire, & que cette décompoſition devoit être regardée comme la véritable cauſe des couleurs des anneaux. Point du tout. Il tenta d'expliquer ce phénoméne par les principes romaneſques dont je vous ai rendu compte au commencement de la lettre précédente. Il dit même là deſſus des choſes ſi incompréhenſibles, que je ne pourrois jamais m'imaginer qu'elles fuſſent d'un auſſi grand homme que lui, ſi je n'avois pas actuellement ſon Optique ſous les yeux.

Ce que Newton a obſervé dans tout le cours de ce ſecond livre, lui a donné oc-

(*) Obſervation troiſième.

(1) Obſervation ſeptième.

caſion de parler aſſez bien de ces cercles de différentes couleurs que nous appercevons quelquefois autour du Soleil & de la Lune, & auxquels nous avons donné le nom de *Halo*. Il prétend que nous recevons alors les rayons de l'aſtre, à travers un nuage compoſé de globules d'eau, ou de globules de gréle parfaitement égaux entr'eux. Il ajoute que ce nuage décompoſe la lumière à peu près comme le font nos priſmes ordinaires. Il aſſure enfin que les diamétres des cercles colorés ſont d'autant plus grands, ou d'autant plus petits, que les globules dont le nuage eſt compoſé ont plus ou moins de groſſeur. Il rapporte à cette occaſion deux fameux *halos*, l'un ſolaire & l'autre lunaire, qu'il obſerva avec beaucoup de ſoin. Le premier arriva au mois de Juin de l'année 1692. Il étoit compoſé de trois anneaux, à peu près ſemblables à 3 petits arcs-en-ciel. Le premier, à commencer par la partie intérieure, étoit bleu, blanc & rouge. Le ſecond étoit pourpre, bleu,

verd, & rouge pâle. Le troiſième enfin dont les couleurs n'avoient preſque point de vivacité, étoit bleu & rouge. Newton n'eut le tems que de meſurer le diamétre du ſecond anneau ; il le trouva de 9 degrés $\frac{1}{3}$. Vingt-huit ans auparavant, c'eſt-à-dire, le 19 Février 1664, il avoit obſervé autour de la Lune deux anneaux colorés. L'intérieur dont le diamétre n'étoit que de 3 degrés, paroiſſoit d'abord d'un verd tirant ſur le bleu ; venoit enſuite le jaune, & enfin le rouge. Le ſecond anneau avoit un diamétre de 5 degrés & demi, & l'on y diſtinguoit 3 couleurs, le bleu, le verd & le rouge. Ainſi finit le ſecond livre de l'Optique de Newton. Nous ſommes convenus que le troiſième livre ſeroit votre lot. J'en attens l'analyſe avec impatience. Je ſuis, &c.

LETTRE SEPTIÉME.

Idée générale du troiſième livre de l'Optique de Newton. Inflexion de la lumière. Nature & effets du feu. Action de la lumière ſur l'œil.

LE troiſième livre de l'Optique de Newton dont vous m'avez chargé de vous rendre compte, ne contient pas ſeulement, Monſieur, les 31 queſtions de Phyſique que vous m'avez annoncées au commencement de cette vie littéraire; il contient encore 11 obſervations très délicates dont Newton paroit faire beaucoup de cas. Je les ai luës plus d'une fois à tête repoſée; & comme je les ai trouvées encore moins intéreſſantes que celles que vous avez rapportées dans votre quatrième & votre ſixième lettre, je me ſuis déterminé à ne pas vous en parler. J'en viens donc à mes 31 queſtions, ſur leſquelles M. de Fon-

tenelle porte le jugement ſuivant (*). (A la fin de ſon Optique, Newton, ſous la forme de doutes ou de queſtions à éclaircir, propoſe un grand nombre de vûës qui aideront les Philoſophes à venir, ou du moins feront l'hiſtoire, toujours curieuſe, des penſées d'un grand Philoſophe. L'Attraction domine dans ce plan abrégé de Phyſique. La force qu'on appelle *dureté* des corps, eſt l'attraction mutuelle de leurs parties qui les ſerre les unes contre les autres; & ſi elles ſont de figure à ſe pouvoir toucher par toutes leurs faces ſans laiſſer d'interſtices, les corps ſeront parfaitement durs. Il n'y a de cette eſpèce que de petits corps primordiaux & inaltérables, élémens de tous les autres. Les fermentations ou efferveſcences chimiques, dont le mouvement eſt ſi violent, qu'on les pourroit quelquefois comparer à des tempêtes, ſont des effets de cette puiſſante attraction, qui n'agit entre les petits

(*) Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1727. Éloge de Newton.

corps qu'à de petites diſtances). Voilà l'idée générale que nous donne M. de Fontenelle des queſtions de Phyſique qui terminent l'Optique de Newton. Entrons maintenant non-ſeulement dans le détail, mais encore dans le détail le plus exact & le plus circonſtancié.

Dans les 6 premieres queſtions, *l'inflexion* de la lumière paroit aſſez bien établie. Cette découverte n'eſt pas de Newton. En l'année 1660 (*), le P. Grimaldi Jéſuite s'apperçut que tout rayon de lumière paſſant près d'un corps quelconque, par exemple, près d'une lame de couteau, ſe détournoit viſiblement de ſon chemin, pour ſe courber & s'infléchir ſenſiblement vers la pointe de cette lame. Newton racontoit cette expérience à quiconque lui demandoit des marques viſibles de ſon attraction. Je m'étonne qu'il ne lui ſoit pas venu en penſée d'en faire honneur à ſon véritable inventeur. Je m'éton-

(*) Élémens de la Philoſophie de Newton par M. de Voltaire pag. 106.

ne encore plus qu'il ait aſſuré dans ſes 6 premières queſtions que l'attraction n'étoit pas moins la cauſe de la réflexion, que de l'inflexion & de la réfraction de la lumière. il me paroit que le reſſort ſeul peut produire le premier de ces trois effets ; & je ne vois pas comment l'attraction peut être regardée comme la cauſe du reſſort.

Les 5 queſtions ſuivantes, ne ſeront pas auſſi-tôt diſcutées. Elles roulent toutes ſur la nature du feu & ſur les principaux effets de cet Élément. Newton nous fait d'abord remarquer que les ſoufres ſont les corps les plus inflammables que nous connoiſſions. Il ajoute que tout corps qui contient dans ſon ſein un grand nombre de particules ſulphureuſes, n'a beſoin que d'être agité de telle & telle façon pour donner de la lumière. A cette occaſion, il nous met ſous les yeux les phoſphores les plus renommés, les fermentations les plus fameuſes, les corps les plus capables de concevoir l'électricité par frottement. La deſcription exacte & détaillée qu'il nous

fait de la Machine électrique, prouve qu'il a tâché plus d'une fois d'interroger la nature par le moyen de cette admirable Machine. Mais enfin il étoit tems que Newton nous dit ce qu'il entendoit par *Feu.* Non, Monſieur, je ne le croirois pas, ſi je ne le voyois actuellement de mes propres yeux. Il prétend que tout corps aſſez échaufé pour donner beaucoup de lumière, devient feu. Voulez-vous, *dit-il*, changer le fer & le bois en feu ? Faites rougir l'un, & rendez l'autre capable d'éclairer. *Annon ignis, corpus eſt eò uſque calefactum, ut copioſius lumen emittat ? Quid enim aliud eſt ferrum candens, niſi ignis ? Quidve aliud eſt carbo candens, niſi lignum eò uſque calefactum, ut id lumen emittat* (1) Un Phyſicien qui penſoit ainſi ſur la nature du feu, a dû définir la flamme, une vapeur, une fumée, une exhalaiſon aſſez échaufée, pour donner de la lumière. *Annon flamma vapor eſt, fumus, ſive exhalatio candefacta, hoc*

(1) Queſtion IX.

ist calefacta usque eò, ut lumen emittat (1). Il a beau porter en preuve de son sentiment une infinité de corps qui donnent de la fumée, après avoir donné de la flamme; je ne crois pas que vous soyez tenté de suivre son système, lorsque vous me parlerez de la nature du feu. j'ai toujour entendu dire que c'étoit là l'écueil des Physiciens; je souhaite que vous fassiez là-dessus des conjectures plus raisonnables que toutes celles que l'on nous a donné jusqu'à présent. Newton étoit très-conséquent dans sa manière de procéder. Il nous dépeint le Soleil & les Etoiles fixes comme des corps, à peu près de la nature de la Terre, mais infiniment plus gros & infiniment plus échaufés qu'elle. Ce qui m'a fait plaisir en lisant cette question (2), c'est qu'il leur donne une athmosphére très-dense, qui les comprime, qui leur conserve leur chaleur, & qui empêche l'évaporation de leurs parties.

(1) Question x.

(2) Question xi.

Me voici insensiblement arrivé, Monsieur, à la 12e. question ; notre Physicien y parle, ainsi que dans les 5 suivantes, de l'action de la lumière sur l'œil. Tout ce qu'il y avance, est très-raisonnable, très-exact, & très-conforme aux loix de la saine Physique. C'est sur la rétine, *dit-il*, que se fait l'impression de la lumière ; cette impression se communique par les nerfs optiques jusqu'au cerveau ; & c'est alors que l'Ame produit la sensation à laquelle nous avons donné le nom de *vision*. Aussi deux images du même objet peintes sur nos deux rétines, ne nous donnent-elles pas une double *vision* ; c'est sur des fibres homologues & sympathiques, c'est-à-dire, sur des fibres qui partent du même point du cerveau, que se fait cette peinture. Les vibrations qui produisent ces images au fond de l'œil, ne sçauroient être de même espèce. Le rayon le plus réfrangible, comme le plus petit en masse, doit en exciter naturellement de très-courtes ; celles au contraire qu'excite le

rayon le moins réfrangible, doivent être très-longues ; les molécules dont il eſt compoſé, ſont ſans contredit les plus groſſes. C'eſt-là vraiſemblablement pourquoi telle & telle couleur s'allient ſi bien, tandis que telle & telle autre ne ſçauroient ſe trouver enſemble. C'eſt par la durée des vibrations de la lumière, que Newton explique ces cercles de feu que nous nous imaginons avoir ſous les yeux, lorſque nous imprimons à un charbon ardent un mouvement très-rapide de circulation. C'eſt par la reſſemblance de ces mêmes vibrations avec celles que nous excitons, lorſque par mégarde nous nous donnons quelque coup à la tête dans l'obſcurité, que nous nous voyons comme inveſtis d'une lumière très éclatante &c. Ce ſont là, Monſieur, autant de Principes inconteſtables d'où l'on peut tirer une foule de conſéquences pratiques. Vous n'exigez pas que je vous en faſſe l'énumération ; ce ſeroit vous envoyer un commentaire ſur des queſtion dont vous m'avez ſimplement chargé

de vous rendre compte. Une affaire imprévûe m'empêche de continuer ma lettre. Je vous l'envoye telle qu'elle eſt ; je n'ai pas eu le tems de la relire. La première fois que j'aurai l'honneur de vous écrire, je me rappellerai que j'en ſuis arrivé à la dix-huitième queſtion. Je ſuis &c.

LETTRE HUITIÉME.

Abrégé des queſtions XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII & XXIV. Critique du ſyſtéme total propoſé par Newton dans ces 7 queſtions.

NEwton craignoit toujours, Monſieur, que ſon grand *vuide* & ſon *attraction* indépendante de toute cauſe méchanique ne rebutaſſent bien des Phyſiciens, & ne les empêchaſſent d'embraſſer ſon ſyſtème de Philoſophie. Pour arrêter cette eſpèce de déſertion, il imagina une eſpèce de *plein* qu'il voulut faire regarder comme capable de produire la tendance des corps, les

ans vers les autres, en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances. C'eſt-là ce qu'il explique dans les 7 queſtions d'Optique dont je vais vous rendre compte dans cette lettre. Suivons-le pas à pas. La dix-huitième queſtion préſente une expérience bien sûre & bien facile à faire. Il faut prendre deux thermométres égaux, les ſuſpendre ſous deux récipiens de verre, tels que ſont les récipiens de quelque machine pneümatique que ce ſoit; ôter l'air du premier récipient, & tranſporter après cette opération ces deux thermométres dans un endroit chaud. Le mercure de celui qui ſe trouve placé dans le vuide, montera autant & auſſi-tôt que le mercure de celui que l'on a laiſſé dans le plein. La ſeule conſéquence directe & inconteſtable que l'on puiſſe tirer de cette expérience, c'eſt que les pores du verre laiſſent paſſer très-facilement & la matière lumineuſe & la matière ignée. Newton en tire pluſieurs autres que peu de Phyſiciens ſeront d'humeur de lui accorder. Il prétend qu'il ref-

te dans le récipient de la machine pneumatique un fluide très-rare & très-élaſtique, capable de réfracter la lumière, de la réfléchir, & de tranſmettre la chaleur. Je ne ſçais pas ſi le fait eſt faux ou vrai; mais je ſçais bien que l'expérience de Newton ne prouve ni pour, ni contre.

Le Phyſicien Anglois ne s'en eſt pas tenu là. Il admet dans les eſpaces céleſtes un fluide à peu près ſemblable, & il veut qu'il ſoit d'autant plus denſe, qu'il ſe trouve à une plus grande diſtance du Soleil. Par-là, *dit-il*, (1), les Planétes ſeront obligées de tendre toujours vers cet Aſtre, parce qu'elles tendront continuellement à paſſer d'un fluide plus denſe dans un fluide plus rare. Il faudroit, pour révoquer en doute une pareille aſſertion, ignorer les premiers élémens de l'Hydroſtatique.

Je ne les ignore pas ces élémens, Monſieur; mais je voudrois bien que les Newtoniens répondiſſent d'une manière préciſe aux queſtions ſuivantes. Par quel Méchaniſme

(1) Queſtion XXI.

leur fluide devient-il d'autant plus denſe, qu'il s'éloigne plus du Soleil ? Pourquoi cette denſité ſuit-elle la raiſon directe des quarrés des diſtances à cet aſtre ; car ſi elle n'augmente pas en cette proportion, l'on n'expliquera jamais la tendance des Planétes vers le Soleil en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances ? Comment rendra-t-on raiſon, dans l'hypothéſe que propoſe Newton, de la gravitation mutuelle des corps ? Il avouë lui même que ſi les Planétes tendent vers le Soleil, le Soleil à ſon tour tend les Planétes. Vous voyez que Deſcartes n'a pas été le ſeul à faire des romans en Phyſique. Mais enfin pour vous mettre bien au fait des penſées de Newton ſur le fluide répandu dans les eſpaces céleſtes, je vais traduire preſque mot par mot ſa vingt-deuxième queſtion d'Optique.

Eſt-ce, *dit-il*, que l'on ne verra pas les Planétes, les Cométes & tous les autres corps ſolides ſe mouvoir plus facilement & avec beaucoup moins de réſiſtance dans cette eſpéce d'éther, que dans tout autre

fluide qui n'admettroit aucun vuide, & qui par-là même ſeroit beaucoup plus denſe que le vif argent & l'or? Ce n'eſt pas encore aſſez. Eſt-ce que la réſiſtance qu'oppoſera ce *milieu*, ne pourra pas être aſſez petite pour être comptée, ou, pour rien, ou, comme pour rien? En effet repréſentons-nous cet éther comme ſept cent mille fois plus élaſtique & ſept cent mille fois plus rare que l'air que nous reſpirons; dès-lors la réſiſtance qu'il oppoſera aux corps ſolides qui le traverſeront, ſera plus de ſix cent millions de fois moindre que celle de l'eau. Or à peine une réſiſtance auſſi inſenſible pourroit-elle cauſer pendant dix mille ans le moindre dérangement ſenſible au mouvement des Planétes. Quelqu'un peut-être, *continue Newton*, me demandera comment il peut ſe faire qu'un *milieu* ait une rareté auſſi incompréhenſible que celle-là; je ne le comprens pas; mais lui-même comprend-il comment l'air de la région ſupérieure de l'athmoſphére terreſtre eſt plus de cent millions de fois

plus rare que l'or ? Comprend-il comment le corps électrique peut faire pendant plusieurs heures des pertes très-sensibles, sans diminuer sensiblement de son poids; ne faut-il pas que le fluide qu'il envoie de son sein, soit d'une rareté plus qu'incompréhensible ? Comprend-il enfin quelle est la rareté du fluide magnétique ; ne faut-il pas qu'il soit, pour ainsi dire, infiniment rare, pour traverser l'or & les corps les plus denses avec une aussi grande facilité ?

Voilà ce qu'il y a de plus intéressant dans les sept questions d'Optique que je vous ai annoncées au commencement de ma lettre. Les autres questions roulent sur des sujets trop étrangers à celui-ci, pour vous en rendre compte aujourd'hui. Vous aurez au premier jour de mes nouvelles. Je suis &c.

LETTRE NEUVIÉME.

Nature du Criſtal d'Iſlande. Phénoménes que préſente ce Criſtal. Conjectures de Newton ſur cette matière. Conjectures nouvelles ſur la même matière.

ON parle trop en Phyſique du Criſtal d'Iſlande, Monſieur, pour que Newton n'en ait rien dit dans ſes queſtions d'Optique. Auſſi a-t-il conſacré à l'explication de cette eſpèce de jeu de la Nature ſa 25e, ſa 26e, ſa 27e, & une partie de ſa 28e queſtion. Il nous fait d'abord une deſcription très-exacte de ce criſtal. C'eſt, *dit-il*, une pierre tranſparente qu'il eſt très facile de fendre. Il eſt auſſi clair que l'eau & le criſtal de roche. Il n'a de lui-même aucune eſpèce de couleur. Il rougit au feu ſans perdre ſa tranſparence, & il ſe calcine ſans fuſion. Plongé dans l'eau un à deux jours, il y perd ſon poli naturel. Frotté avec un drap, il donne

des marques très ſenſibles d'électricité. Jetté dans l'eau forte, il la fait bouillonner. Je le rangerois volontiers dans la claſſe de ces minéraux auſquels on a donné le nom de *Talc*. Le Criſtal d'Iſlande eſt trop mou, pour recevoir un poli parfait. Ce poli n'eſt pas néceſſaire pour la plupart des expériences dont les Phyſiciens ont tenté de rendre compte. Voici les principales.

1°. Un rayon de lumière tombant ſur une des ſurfaces de ce criſtal, ſe partage en deux; ce qui fait paroître double tout objet qu'on regarde à travers, & ce qui prouve que le rayon a ſouffert deux réfractions.

2°. Les deux rayons réfractés ſont à peu près d'égale groſſeur, & ils conſervent la même couleur que le rayon incident.

3°. Le rayon perpendiculaire ſe rompt, & il y a des rayons obliques qui paſſent tout droit.

4°. Des deux rayons qui ſe ſont formés du rayon incident, l'un ſouffre une

réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière. Newton a meſuré très exactement la première. Il a trouvé que, lorſque la lumière paſſe de l'air dans le Criſtal, le Sinus d'incidence : au Sinus de réfraction :: 5 : 3. Il ne nous a pas marqué la proportion que ſuit la réfraction irrégulière ; ſans doute qu'elle n'en ſuit point de conſtante.

5°. Si vous poſez deux morceaux de ce Criſtal, deſorte que les côtés de l'un ſoient paralléles aux côtés de l'autre, un rayon qui ſe ſera partagé en deux dans le premier Criſtal, & qui aura fait une réfrac régulière & une irrégulière, ne ſe partagera plus en entrant dans le ſecond ; ces deux rayons ſouffriront encore dans le ſecond Criſtal comme dans le premier, l'un une réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière. On peut au reſte laiſſer, ou ne pas laiſſer un eſpace entre ces deux morceaux de Criſtal ; il faut ſeulement bien prendre garde que les côtés de l'un ſoient paralléles aux côtés de l'autre.

6°. Lorſque les plans du premier morceau de Criſtal ſont perpendiculaires aux plans du ſecond morceau, les deux rayons venus d'un ſeul rayon, en paſſant du Criſtal ſupérieur dans l'inférieur, font échange de leurs réfractions. Celui qui avoit ſouffert dans le premier Criſtal une réfraction régulière, en ſouffre dans le ſecond une irrégulière ; & celui qui en avoit ſouffert une irrégulière, en ſouffre une régulière. On diroit, *remarque à cette occaſion M. Huyghens*, (1) que la Nature a eu peur que ce Criſtal ne fut pas une énigme aſſez inexplicable pour les Philoſphes, & qu'elle l'a chargé à plaiſir d'*obſcurités* & de difficultés.

L'explication que Newton a donnée de ces phénoménes ne lui a pas fait honneur; perſonne, je vous l'aſſure, n'a encore été tenté de l'adopter. Il prétend que chaque rayon de lumière a 4 côtés, deux deſquels ont la propriété de faire réfracter

(1) Mémoire de l'Académie des Sciences, Tom. 1. pag. 190.

le rayon d'une manière irrégulière, lorsque l'un des deux eſt tourné vers telle partie du Criſtal d'Iſlande. Peut-être croirez-vous que je badine ; voici les propres paroles de l'Auteur (1). *Annon radiorum luminis diverſa ſunt latera, diverſis proprietatibus congenitis prædita ?..... Unuſquiſque radius conſiderari poterit, ut in eo quatuor concipiantur plagæ ſivè lateraquorum quidèm duo inter ſe ex adverſo oppoſita, faciant ut radius toties refringatur ratione inuſitatâ, quoties alterutrum eorum converſum ſit ad criſtalli plagam inuſitatæ refractionis..... Habent igitur ſinguli radii luminis bina latera inter ſe ex adverſo oppoſita, quibus quidèm lateribus congenita eſt proprietas eâ è quâ pendet refractio inuſitata ; altera autem bina latera, proprietatis iſtius expertia.* Jamais, Monſieur, les défenſeurs des qualités occultes ont-ils donné des réponſes plus obſcures ?

Me demanderez-vous maintenant ce que je penſe du Criſtal d'Iſlande ? Je vous

(1) Queſtion XXVI.

avouerai d'abord que je ne ſuis pas en état de vous donner une réponſe ſatisfaiſante. Je hazarderai cependant quelques conjectures dont vous ne ferez, ſi vous le voulez, aucun cas.

1°. Ce Criſtal pourroit bien être compoſé de parties très-hétérogénes, dont les uns cauſaſſent la réfraction que Newton appelle régulière, & les autres celle qu'il appelle irrégulière.

2°. Les couches de ce Criſtal pourroient bien n'être pas exactement paralléles. Dans cette hypothéſe le rayon perpendiculaire à certaines couches ſeulement, ſera réfracté par celles auſquelles il n'eſt pas perpendiculaire. Par la même raiſon un rayon oblique aux ſeules premières couches du Criſtal, & perpendiculaire à toutes les autres, ne devra éprouver aucune réfraction ſenſible.

3°. Les deux morceaux de Criſtal dont les côtés ſont poſés parallélement, peuvent être regardés comme un même morceau. Les deux rayons de lumière doivent

donc ſouffrir dans le ſecond les mêmes réfractions que dans le premier.

4°. Pour les deux morceaux de criſtal, dont les plans ſont oppoſés perpendiculairement, on ne peut guères les regarder comme un même morceau. Si les deux rayons venus d'un ſeul rayon, font échange de leurs réfractions, en paſſant du Criſtal ſupérieur dans l'inférieur, l'on peut conjecturer qu'aucun d'eux ne trouve dans celui-ci des parties ſemblables à celles qu'il a trouvées dans celui-là. Peut-être ſont-ce là des rêveries ; en tout cas je vous les donne pour telles ; ſi vous vous en mocquez, vous en ferez le cas qu'elles méritent. Je ſuis &c.

LETTRE

LETTRE DIXIÉME.

Réſiſtance des milieux. Impoſſibilité du Plein dans les eſpaces céleſtes. Queſtions que Newton propoſe à tout Phyſicien. Démonſtration de l'exiſtence de Dieu.

LA 28e Queſtion du troiſième Livre de l'Optique de Newton, eſt peut-être, Monſieur, la plus eſſentielle de toutes celles dont je vous ai rendu compte juſqu'à préſent. Elle roule ſur-tout ſur la réſiſtance des *milieux*, c'eſt-à-dire, ſur les obſtacles que tout fluide oppoſe à tout corps ſolide qui le traverſe. Voici à peu près comment Newton s'y exprime.

Tout corps ſolide qui entre dans un fluide, éprouve, *dit-il*, comme néceſſairement deux eſpèces de réſiſtances; l'une vient de la cohéſion des parties du fluide qu'il faut déſunir, l'autre de la quantité de matière qu'il faut déplacer. Il n'eſt pas difficile de trouver un fluide où la pre-

mière de ces deux réſiſtances ſoit comptée pour rien ; le vif-argent & l'eau peuvent dans cette occaſion ſervir & de preuve & d'exemple. Mais ce qui eſt impoſſible, c'eſt de trouver un fluide qui n'offre pas des parties à déplacer, & qui n'oppoſe pas d'autant plus de réſiſtance à ce déplacement, que ces parties ſont & plus maſſives, & en plus grand nombre. Auſſi cette dernière eſpèce de réſiſtance à laquelle ſeule Newton a égard, eſt-elle toujours proportionnelle à la denſité du fluide. Elle eſt à peu près égale dans l'eau, l'eſprit de vin, l'eſprit de thérébentine & l'huile chaude ; ces fluides ont à peu près la même denſité. Par la même raiſon elle eſt 13 à 14 fois moindre dans l'eau, que dans le vif-argent ; huit à neuf cent fois moindre dans l'air, que dans l'eau ; infiniment petite & tout-à-fait inſenſible dans le fluide qui reſte dans le récipient d'une bonne Machine pnéumatique, après quelques coups de piſton. L'on voit dans ce récipient la plume la plus légère

tomber auſſi vîte, que le corps le plus maſſif, lorſque l'un & l'autre ſont abandonnés à leur force centripéte.

De ce Principe inconteſtable Newton conclut que, ſi les eſpaces céleſtes étoient remplis d'une matière auſſi denſé que l'eau, ou le vif-argent, les Aſtres qui les traverſeroient, devroient y éprouver autant de réſiſtance, que s'ils étoient obligés de ſe mouvoir dans l'un ou dans l'autre de ces fluides. Il ajoute que s'ils ſont parfaitement pleins, un globe de la nature de nos Planétes perdra toute ſa vîteſſe, lorſqu'il aura parcouru dans ces eſpaces immenſes la longueur de quelques-uns de ſes diamétres. C'eſt de-là que les Newtoniens ont tiré le terrible argument que vous avez appellé dans la vie littéraire de Deſcartes (1) *le grand argument des Cométes.* C'eſt par-là qu'ils ont prétendu ruiner ces tourbillons que cet ingénieux Auteur avoit ſi bien arrangés dans le Ciel.

Newton à cette occaſion fait l'éloge

(1) Tome I. page 246.

des Philoſophes Grecs & Phœniciens qui ont admis le vuide & les atômes, & qui, pour expliquer la gravité de ces corpuſcules inaltérables, n'ont pas eu recours à un fluide denſe, ni à une cauſe quelconque immédiate & méchanique. Il veut que l'on ne paſſe pour Phyſicien, que lorſqu'on ſera en état de réſoudre les queſtions ſuivantes.

Qu'y a-t-il dans ces eſpaces que nous regardons comme preſque vuides ?

D'où vient la gravitation mutuelle du Soleil & des Planétes ?

En quoi conſiſte cette beauté que tout homme eſt obligé de reconnoitre dans l'Univers ?

A quelle fin les Cométes ont-elles été créées ?

Pourquoi les Planétes ſe meuvent-elles toutes dans des orbites concentriques d'Occident en Orient, tandis que les Cométes ſe meuvent dans des orbites excentriques dans toute ſorte de directions ?

Pourquoi les Étoiles ne tombent-elles

pas les unes ſur les autres ?

Pourquoi les corps des animaux ont-ils été formés avec tant d'art, & à quels uſages ſont deſtinées les principales parties qui les compoſent ?

Quelle ſcience dans celui qui a conſtruit nos yeux & nos oreilles ?

Comment la volonté régle-t-elle les mouvemens de notre corps ?

Quel eſt cet inſtinct que nous reconnoiſſons dans tous les animaux ?

La ſubſtance qui produit les ſenſations ne réſide-t-elle pas dans cette partie du cerveau que nous regardons comme l'organe du ſens commun ?

Telles ſont les queſtions que Newton propoſe à tout homme qui ſe nomme Phyſicien ; en trouvera-t-il beaucoup qui méritent ce titre ? la dernière choſe qu'il demande, eſt dans le fond la plus aiſée. Il veut que des principaux phénoménes de la nature l'on tire une démonſtration claire & palpable de l'exiſtence d'un Être infiniment parfait. Rien n'eſt plus reſſem-

blant que la peintute qu'il fait de cet Être ſuprême. Je vous rapporterai ſes propres paroles: je craindrois de les affoiblir en les traduiſant en notre langue. *Annon ex phœnomenis conſtat eſſe Entem incorporeum, viventem, intelligentem, omnipræſentem, qui in ſpatio infinito, tanquam ſenſorio ſuo, res ipſas intimè cernat, penitùſque percipiat, totaſque intrà præſens præſentes complectatur; quarum quidèm rerum id quod in nobis ſentit & cogitat, imagines tantùm ad ſe per organa ſenſuum delatas, in ſenſoriolo ſuo percipit & contuetur.* En effet la véritable Philoſophie eſt celle qui nous conduit de la connoiſſance des cauſes ſecondes à la connoiſſance de la cauſe première. Il faut être bien aveugle, pour ne pas voir la connexion dont parle Newton; bien téméraire, pour oſer la révoquer en doute; & bien libertin, pour débiter des principes capables d'obſcurcir l'idée claire & diſtincte que nous avons de l'Être ſuprême. C'eſt-là cependant le but des prétendus ſages de ce ſié-

cle. Ce n'eſt ni chez Deſcartes, ni chez Newton, qu'ils ont puiſé d'auſſi abominables maximes ; leur conduite ne nous prouve que trop qu'Épicure eſt & mérite d'être leur Maître. Je ſuis &c.

LETTRE ONZIÉME.

Cauſe phyſique de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière. Détail des fauſſetés que contient la trentième queſtion d'Optique.

IL y a, Monſieur, dans la 29e queſtion bien des choſes ſur l'inflexion, la réfraction, & la réflexion de la lumière, dont il ſeroit inutile de vous entretenir ; ce ſont de pures répétitions de ce que Newton avoit dit dans quelques-unes des queſtions précédentes & dans le corps même de ſon Optique. Mais il y a un endroit que tout Phyſicien ne ſçauroit graver trop avant dans ſon eſprit ; c'eſt celui, où il s'agit de trouver la cauſe phyſique

de la différente réfrangibilité des rayons de lumière. Newton l'attribue à la différence des molécules dont ces rayons ſont compoſés. Il prétend que les molécules les plus groſſes appartiennent au moins réfrangible des 7 rayons ; les molécules les plus petites à celui qui l'eſt le plus ; & les molécules moyennes à celui qui tient le milieu entre les 7 rayons primitifs. J'en ai d'abord apperçu la raiſon. Plus une molécule eſt groſſe, plus il eſt difficile de la déplacer, & de lui faire quitter ſon ancienne direction ; donc plus les molécules dont un rayon eſt compoſé, ſont conſidérables ; moins ce rayon a de réfrangibilité. Je ne vois pas qu'un eſprit droit puiſſe refuſer de ſe rendre à ce raiſonnement.

La trentième queſtion n'eſt qu'un tas de fauſſetés. Newton y prétend que les corps les plus maſſifs ſe changent aſſez ſouvent en lumière, & que la lumière à ſon tour ſe change en corps maſſif. Pour nous rendre cette métamorphoſe croyable,

il nous fait remarquer que l'eau qu'il regarde comme un ſel très-fluide, ſe change tantôt en vapeur, c'eſt-à-dire, en air; tantôt en glace, c'eſt-à-dire, en pierre. Il ajoute que la terre ſe change en feu, l'argent vif en ſel fluide, les œufs en animaux &c. De pareilles rêveries ne méritent pas d'être réfutées; je ne ſçais à quoi penſoit Newton, lorſqu'il les a écrites. Je finirai ici ma lettre, Monſieur; la longueur de la ſuivante vous dedommagera de la briéveté de celle-ci; j'aurai à vous y rendre compte de la dernière queſtion d'Optique, c'eſt-à-dire, de la queſtion où Newton a développé preſque tout ſon ſyſtéme ſur la Phyſique terreſtre. Vous comprenez qu'il me faut du tems, avant que de mettre tant de choſes en ordre. Je ſuis &c.

LETTRE DOUZIÉME.

Deux eſpèces d'attraction admiſes par Newton. Réfutation de la ſeconde eſpèce d'attraction. Loix de répulſion. Réfutation de ces loix. Syſtéme total propoſé par Newton. Fauſſeté de ce ſyſtéme.

NEwton fait, Monſieur, au commencement de ſa 31e Queſtion, une déclaration à peu près ſemblable à celle que vous avez faite au commencement de cette vie littéraire. Il avertit ſon lecteur qu'il n'emploie le nom d'*attraction*, que pour ſignifier un fait dont la cauſe lui eſt inconnue, un fait qui peut-être doit ſon exiſtence à l'impulſion. *Quam ego attractionem appello, fieri ſanè poteſt ut ea efficiatur impulſu, vel alio quovis modo nobis ignoto. Hanc vocem attractionis ita hîc accipi velim, ut in univerſum ſolummodò vim aliquam ſignificare intelligatur, quâ corpora ad ſe mutuò tendant; cujuſcum-*

que demùm cauſæ attribuenda ſit illa vis. Cette déclaration ne quadre guères avec les éloges qu'il a donnés peu de tems auparavant aux Philoſophes Grecs & Phéniciens qui, pour expliquer la gravité de la matière, n'ont eu recours à aucune cauſe immédiate & méchanique (1). Mais ce n'eſt pas là tout le mal. Newton n'a travaillé avec tant de ſoin cette dernière Queſtion, que pour introduire en Phyſique deux eſpèces d'attraction, l'une en raiſon inverſe des quarrés, l'autre en raiſon inverſe des cubes, ou peut-être même des quarrés-quarrés des diſtances. Il attribue à la première la plupart des grands effets de la nature, ces effets ſur-tout que tout le monde voit, ces effets qui s'opérent dans un eſpace que tout le monde peut meſurer, comme la gravité, le magnétiſme, l'électricité &c. Il veut que la ſeconde ſoit la cauſe de ces effets qui ſont produits à de très-petites diſtances, comme la dureté des corps élémentaires, les

(1) Lettre 10e. de ce volume.

fermentations &c. Mais dans une affaire auſſi importante, écoutons-le parler lui-même. *Attractiones gravitatis, virtutiſque magneticæ & electricæ, ad ſatis magna ſe extendunt illæ quidèm intervalla; adeòque etiam ſub vulgi ſenſum, notitiamque cecide-runt: at verò fieri poteſt ut ſint prætereà aliæ quoque aliquæ, quæ tam anguſtis finibus contineantur; ut uſque adhuc omnem obſervationem fugerint* (1) ..... *Ego ſanè ex cohærentiâ corporum, illud malim inferre, utique particulas ipſorum attrahere ſe invicem vi aliquâ, quæ in ipſo contactu per quam ſit magna; parvis interjectis intervallis, chimicos illos effectus ſuprà memoratos obtineat; ad ſpatia autem à particulis aliquantò remotiora, quod quidèm ſenſu percipi poſſit, non omnino pertineat* (2)..... *Atque hæc quidèm omnia ſi ita ſint, jam Naturæ univerſa valdè erit ſimplex & conſimilis ſui: perficiens nimirùm magnos omnes corporum cœleſtium motus, attractione*

(1) Queſtion 31. pag. 304.

(2) Même queſtion, pag. 315.

gravitatis, quæ eſt mutua inter corpora illa omnia; & minores ferè omnes particularum ſuarum motus, aliâ aliquâ vi attrahente & repellente, quæ eſt inter particulas illas mutua (1).

Il eſt donc bien décidé, Monſieur, que Newton a reconnu dans la nature deux eſpèces d'attraction, l'une pour les grandes, l'autre pour les petites diſtances. L'on dit qu'il a très-bien démontré l'exiſtence de la première. Apparemment que cette démonſtration entrera dans ſa vie littéraire. Je vous promets de m'y rendre, ſi je la trouve dans les régles. Mais pour la ſeconde, je ne me déterminerai jamais à la regarder comme un Principe de Phyſique. Les preuves ſur leſquelles Newton ſe fonde, ne me paroiſſent rien moins que concluantes. Je les ſoumets à votre jugement; j'aurai ſoin de vous apporter les plus preſſantes.

Le Phyſicien Anglois nous met d'abord ſous les yeux une foule d'opérations & de

(1) Même queſtion, pag. 111.

fermentations chimiques dans lesquelles il apperçoit des marques de sa seconde espèce d'attraction. L'eau forte, *dit-il*, dissout l'argent & ne dissout pas l'or ; l'eau régale au contraire dissout l'or & ne dissout pas l'argent. Voilà des faits incontestables. Ne peut on pas dire que ces deux fluides sont assez subtils, pour pénétrer l'un & l'autre métal ; mais que l'eau forte n'a pas l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'or, & l'eau régale l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'argent ? *Cùm aqua fortis dissolvit argentum non autem aurum ; & aqua regia dissolvit aurum, non autem argentum : annon rectè dici potest aquam fortem satis quidèm subtilem esse ad penetrandum aurum æque ac argentum ; cæterè autem vi illâ attrahente, quâ se inferre & introdare possit : & aquam regiam satis quidèm subtilem esse ad penetrandum argentum æque ac aurum ; cæterè autem vi illâ attrahente, quâ se intro-*

dare poſſit (1)? Les autres fermentations chimiques ne fourniſſent pas des preuves plus convaincantes ; il ſeroit inutile de vous les rapporter. Je vous ai déja fait remarquer dans cette lettre, Monſieur, que Newton ne croyoit pas pouvoir expliquer la dureté ſans le ſecours de ſa ſeconde eſpèce d'attraction. Il accuſe même les Gaſſendiſtes qui ont recours à des atomes faits en forme de hameçon, de donner pour réponſe ce qui fait préciſément l'état de la queſtion & de la diſpute préſente. Ne pourroit-on pas lui faire le même reproche? N'apporte-t-il pas la cohéſion des parties dont les corps durs ſont compoſés, pour preuve de ſon attraction, dans le tems même où l'on demande ſi la dureté des corps dépend ou de l'attraction, ou d'une cauſe immédiate & méchanique ?

Mais ce qui m'a le plus ſurpris, c'eſt de voir Newton porter en preuve de ſon attraction l'expérience ſuivante (2). L'on

(1) Même queſtion, pag. 309.
(2) Même queſtion, pag. 316.

prend un tube de barométre de 50, 60 ou 70 pouces de hauteur. L'on a du vif argent exactement purgé d'air. L'on en remplit le tube, en prenant garde qu'il y ait une parfaite contiguité, non-seulement entre les parties du vif-argent, mais encore entre le vif-argent & le verre. L'on remet le barométre dans sa situation ordinaire ; & l'on voit, que le vif argent demeure suspendu à la hauteur à laquelle on a eu soin de le faire monter. Je comprens, *dit Newton*, que la colomne d'air extérieur qui gravite sur le vase du barométre, doit le soutenir à la hauteur de 28 à 27 pouces ; mais le reste, qu'est-ce qui le soutient ? Ce n'est pas l'air extérieur, il n'a pas assez de force. D'ailleurs l'on voit le mercure descendre & se remettre à la hauteur ordinaire, lorsqu'on secoue tant soit peu le tube du barométre. Ce sera donc l'attraction de la seconde espèce qui causera le phénoméne.

Il faut, Monsieur, être né attractionnaire, pour se contenter de pareilles preu-

ves. Pour moi je n'apperçois dans tout ceci qu'une adhérence du mercure aux parois intérieures du tube de verre que l'on n'a pas eu ſans doute ſoin de nettoyer exactement ; & toutes les fois que je pourrai rapporter un effet à une cauſe immédiate & méchanique, je me garderai bien de l'expliquer d'une manière inintelligible.

Mais enfin il y a dans la Nature une foule d'effets que Newton n'a oſé faire dépendre d'aucune eſpèce d'attraction ; le reſſort & la réflexion tiennent ſans contredit le premier rang. Qu'a-t-il fait dans cette occaſion, lui qui paroit ſi déterminé à ne faire jouer aucun rolle aux cauſes ſecondes ? Il n'a pas été embarrraſſé ; il a eu recours à des loix générales de répulſion, dont il a prouvé ainſi l'exiſtence.

Il y a, *dit-il*, dans l'algébre des quantités *affirmatives* & des quantités *négatives* ; donc il y a dans la nature des loix d'*attraction* & des loix de *répulſion*. *Sicuti in algebrâ, ubi quantitates affirmativæ evaneſcunt & deſinunt, ibi negativæ incipiunt ;*

ita in mechanicis, ubi attractio desinit, ibi vis repellens succedere debet. (1)

Les mouches se promenent sur la surface des eaux, sans se mouiller les pieds; donc il y a dans l'eau une véritable force répulsive. *Porrò eidem vi repellenti tribuendum videtur, quod muscæ in aquâ inambulent, nec tamen pedes suos madefaciant.* (2)

Quelques polis que soient deux morceaux de marbre, il est difficile de les unir de manière qu'on ne puisse pas les séparer; donc il y a dans ces marbres une véritable force répulsive. *Eidem vi repellenti tribuendum videtur quod.... bina denique marmora perpolita, quæ quoties planè inter se contingunt, cohærent, ægrè tamen tam arctè comprimi, tamque aptè conjungi queant, ut cohæresçant.* Je n'oserois pas apporter pareilles preuves à des Physiciens de deux jours; je craindrois qu'ils ne me payassent d'un éclat de rire, & qu'ils ne me regar-

(1) Même question, pag. 320.
(2) Même question, pag. 322.

daſſent comme un homme qui vient leur compter des ſornettes. Newton cependant, fier de cette découverte, nous avertit que la ſimplicité fait le caractére de ce nouveau ſiſtéme de Phyſique. Par-là, *dit-il*, tous les mouvemens dépendront d'une ſeule & même cauſe. La première eſpèce d'attraction produira les grands mouvemens; la ſeconde les petits: & lorſque les phénoménes ſeront trop compliqués, la même force aura le pouvoir de ſe métamorphoſer, d'attractive qu'elle étoit, en répulſive. S'il faut, pour être Newtonien, adopter toutes ces folies, je vous déclare, Monſieur, que je ne veux pas quitter le parti de Deſcartes, & que je renonce de grand cœur à Newton & au Newtonianiſme. Je ſuis &c.

RÉPONSE

Aux ſix Lettres du Chevalier.

MOn deſſein n'a jamais été, mon cher Chevalier, de vous faire renoncer à toutes les explications Cartéſiennes, pour vous engager enſuite à embraſſer le pur Newtonianiſme. La déclaration que vous me faites à la fin de votre dernière lettre, eſt donc un acte très-inutile. Tous les défauts que vous avez reconnus dans les 31 queſtions qui terminent l'Optique de Newton, je les reconnois comme vous. Ainſi ne craignez pas que ces Principes imaginaires contre leſquels vous vous êtes élevé avec tant de force, faſſent jamais partie du ſyſtéme mixte que je vous propoſerai dans le dernier volume de cet Ouvrage. Je ſçais qu'il faut quelquefois en Phyſique en venir aux loix de la Nature. Mais je ſçais auſſi qu'on n'a droit à ce recours, que lorſque l'exiſtence d'un effet eſt bien conſ-

tée & qu'il eſt impoſſible d'apporter aucune cauſe méchanique & immédiate de cet effet. Voilà un Principe sûr dont vous ne me verrez jamais départir. Je vous dirai cependant en ami, mon cher Chevalier, que vous avez tort de confondre la Phyſique de Newton avec celle que renferment ſes 31 queſtions d'Optique. Un homme ne prétend pas dogmatiſer, lorſqu'il donne, comme de purs doutes, quelques penſées qui lui ſont venues à l'eſprit, & qu'il n'a pas eu le tems de creuſer. Le compte que je vais vous rendre de ſon Opuſcule ſur le ſyſtéme du monde, vous mettra au fait du véritable Newtonianiſme. Pour en comprendre tout le beau, vous aurez beſoin d'avoir préſentes à l'eſprit les deux loix de Képler. Faites-moi le plaiſir de me prouver, la première fois que vous m'écrirez, qu'elles ne vous ſont pas inconnues. Je ſuis &c.

LIVRE SECOND.

DE L'OPUSCULE DE NEWTON sur le ſyſtéme du Monde.

LETTRE PREMIÈRE.

Première loi de Képler. Explication & démonſtration de cette loi. Seconde loi de Képler. Explication & démonſtration de cette loi.

JE ſuis ami de la vérité, Monſieur. Quelqu'éloigné que je ſois de la Phyſique Newtonienne, je vous avouerai cependant que les deux loix que vous regardez comme les fondemens de l'Aſtronomie, devroient plutôt s'appeller les loix de Newton, que les loix de Képler. Celui-ci les a trouvées comme par hazard ; celui-là en a donné la démonſtration la plus exacte.

Les aires aſtronomiques parcourues par

les Planètes, ſont comme les tems employés à les parcourir. C'eſt-là la première loi de Képler. Pour vous faire comprendre que je ſuis au fait de cette loi, je ſuppoſe le ſoleil au point S (Fig. 1. Pl. 2.) & une Planète quelconque A parcourant en deux inſtans égaux les deux côtés AB & BD de la courbe commencée ABD. Je ſuppoſe encore la ligne AB égale à la ligne BC. Je ſuppoſe enfin la ligne SR paralléle à la ligne ABC, & la ligne DC paralléle à la ligne BE. Je dis que l'aire aſtronomique ASB, formée par les deux rayons vecteurs AS, BS & par le côté AB, eſt égale à l'aire aſtronomique BSD, formée par les deux rayons vecteurs BS, DS & par le côté BD; pourvu que la planète A n'ait pas mis plus de temps à parcourir le côté BD, qu'elle en avoit mis à parcourir le côté AB. Voilà ce qu'a trouvé Képler, & voici ce qu'a démontré Newton.

Le triangle ASB eſt évidemment égal au triangle BSC, puiſque ces deux trian-

gles ſont conſtruits ſur les baſes égales AB & BC, & qu'ils ſont renfermés entre les paralléles AC & RS (1). Donc ſi la Planéte A parcouroit au ſecond inſtant le côté BC, au lieu du côté BD, elle parcourroit évidemment des aires aſtronomiques égales en tems égaux.

Le triangle BDS eſt égal au triangle BSC, puiſque ces deux triangles ſont conſtruits ſur le même côté BS, & qu'ils ſont renfermés entre les paralléles BS, CD (2). Donc la Planéte A, en parcourant au ſecond inſtant le côté BD, parcourt une aire aſtronomique BDS égale à l'aire du triangle BSC. Donc elle parcourt une aire aſtronomique BDS égale à l'aire aſtronomique ASB. Donc elle parcourt en temps égaux des aires aſtronomiques égales. Donc *les aires aſtronomiques parcourues par les planétes, ſont comme les tems employés à les parcourir.*

Les quarrés des tems périodiques des Pla-

(1) Prop. 38. du liv. I. des Élémens d'Euclide.

(2) Prop. 37. du liv. I. des Élémens d'Euclide.

nétes

nées qui tournent autour d'un centre commun, ſont comme les cubes de leurs diſtances à ce centre. Voilà, Monſieur, la ſeconde loi de Képler, & en voici l'explication & la démonſtration.

Le tems périodique d'une Planéte eſt le tems qu'elle employe à parcourir ſon orbite. Le tems périodique de la Terre eſt donc de 1, & le tems périodique de Mars de 2 ans.

Le quarré de 1 eſt 1, & le quarré de 2 eſt 4. Donc le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars : : 1 : 4.

La diſtance moyenne de la Terre au Soleil eſt de 30, 000, 000 de lieues, & le cube de cette diſtance de 27, 000, 000, 000, 000, 000, 000, 000 de lieues.

Pour trouver la diſtance de Mars au Soleil, je fais la proportion ſuivante ; le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars : : le cube de la diſtance de la Terre au Soleil : au cube de la diſtance de Mars au même

Aſtre. Dans cette proportion les trois premiers termes ſont connus ; le quatrième le ſera donc avec la dernière facilité ; & l'extraction de la racine cubique de ce quatrième terme donnera la diſtance de Mars au Soleil. Mais c'eſt-là une explication, & non pas une démonſtration générale de la ſeconde loi de Képler. Pour la démontrer dans toutes les formes, je nomme t le tems périodique de la Terre, r ſon rayon vecteur, ou ſa diſtance au Soleil, u ſa viteſſe. Je nomme encore T le tems périodique de Mars, R ſa diſtance au Soleil, V ſa vîteſſe ; & je dis que j'ai droit de faire la proportion ſuivante, $t\,t : TT :: r^3 : R^3$, c'eſt-à-dire, le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars :: le cube de la diſtance de la Terre au Soleil : au cube de la diſtance de Mars à cet Aſtre. Pour rendre la démonſtration moins compliquée, je regarderai comme circulaires les orbites des Planétes du premier & du ſecond ordre.

1°. La Terre & Mars ſe meuvent dans

des orbites circulaires concentriques ; donc ces deux Planétes ont leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances au ſoleil ; donc l'on peut dire $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$ (*a*).

2°. La vîteſſe eſt toujours égale à l'eſpace parcouru, diviſé par le tems employé à le parcourir.

Les eſpaces parcourus ſont ici des circonférences circulaires qui ſont comme leurs rayons ; donc $u = \frac{r}{t}$ & $V = \frac{R}{T}$; donc $u : V :: \frac{r}{t} : \frac{R}{T}$; donc $\frac{r}{t} : \frac{R}{T} :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$.

3°. Lorſque 4 racines quarrées ſont en proportion, leurs 4 quarrés y ſont auſſi ; donc le quarré de $\frac{r}{t}$: au quarré de $\frac{R}{T}$: : le quarré de $\sqrt{R}$: au quarré de $\sqrt{r}$; donc $\frac{r^2}{t^2} : \frac{R^2}{T^2} :: R : r$; donc $\frac{r^3}{t^2} = \frac{R^3}{T^2}$; donc $t^2 R^3 = T^2 r^3$; donc $tt : TT : : r^3 : R^3$; donc le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de

Mars :: le cube de la distance de la Terre au Soleil : au cube de la distance de Mars au même Astre ; donc en général *les quarrés des tems périodiques des Planètes qui tournent autour d'un centre commun, sont comme les cubes de leurs distances à ce centre.* Vous voyez, Monsieur, que, sans être grand Algébriste, l'on démontre assez facilement la seconde loi de Képler dans le cercle. Elle est, je le sçais, plus difficile à démontrer dans l'ellipse. La démonstration de cette loi doit toujours être fondée sur la proportion $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$; & on ne peut pas dire que deux Planètes, qui se meuvent dans deux ellipses dont les foyers sont communs, ayent leur vîtesse en raison inverse des racines quarrées de leurs rayons vecteurs (*b*). C'est-là un point de Physique dont je vous abandonne très volontiers la discussion. Vous avez seulement voulu sçavoir si j'étois au fait des loix de Képler ; cette lettre vous prouvera qu'elles ne me sont pas inconnues. Vous pouvez commencer, lorsque vous le jugerez à propos, à

me rendre compte de l'Opuſcule de Newton ſur le ſyſtéme du monde. J'attens vos lettres avec la dernière impatience. Je ſuis, &c.

Notes pour la première Lettre.

(*a*) Il s'agit de démontrer dans toutes les formes que deux corps qui ſe meuvent périodiquement dans deux cercles concentriques, ont leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances au centre, c'eſt-à-dire, des racines quarrées de leurs rayons. Je ſuppoſe donc le corps A à 1 & le corps B à 4 lieües d'un centre quelconque, autour duquel ils ſe meuvent périodiquement & circulairement. Je dis que la vîteſſe du corps A : à la vîteſſe du corps B : : $\sqrt{4} = 2 : \sqrt{1} = 1$. Je nomme u la vîteſſe du corps A, r le rayon du cercle qu'il parcourt, V la viteſſe du corps B, R le rayon du cercle où il ſe meut; la propoſition ſera démontrée ſi ma dernière équation eſt celle-ci, $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$.

1°. La force centripéte du corps A eſt exprimée par la fraction $\frac{uu}{r}$, & celle du corps B par la fraction $\frac{VV}{R}$. Conſultez la note ſeconde de la lettre ſuivante.

2°. Les forces centripétes des corps A & B ſont

en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au centre, ou des quarrés de leurs rayons. Voyez la lettre ſuivante. Donc l'on aura la proportion ſuivante $\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: R^2 : r^2$.

3°. C'eſt de cette proportion que l'on tire les équations qui forment la démonſtration que l'on cherche. En voici la preuve ſenſible.

$$\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: R^2 : r^2.$$

$$\frac{uur^2}{r} = \frac{VVR^2}{R}.$$

$$uur = VVR.$$

$$uu : VV :: R : r.$$

$$u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}.$$

4°. Cette dernière proportion prouve évidemment que les vîteſſes des corps A & B qui ſont ſuppoſés ſe mouvoir dans deux cercles concentriques, ont leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances au centre.

(*b*) La ſeconde loi de Képler ne ſe vérifie que dans deux points de l'ellipſe ; ce ſont les deux points des diſtances moyennes. Voici donc comment il faut énoncer cette loi, lorſqu'il s'agit de deux planétes qui parcourent des ellipſes autour du Soleil ; *les quarrés des tems périodiques des planétes qui ſe meuvent elliptiquement autour d'un foyer commun, ſont comme les cubes de leurs diſtances moyennes*

à ce foyer. Dans tous les autres points de l'ellipſe la ſeconde loi de Képler n'eſt pas exactement vraie. Mais pourquoi dans les diſtances moyennes la loi ſe vérifie-t-elle ? C'eſt que la Planéte ſe meut alors *dans* ſon ellipſe, comme ſi elle ſe mouvoit dans un cercle qui eut pour centre le foyer, & pour rayon le rayon vecteur de la Planéte. En effet, il eſt démontré dans tous les élémens de Planimétrie que l'aire d'une ellipſe eſt égale à l'aire d'un cercle dont le diamétre ſeroit moyen proportionnel entre le grand & le petit axe de l'ellipſe en queſtion. Auſſi les Aſtronomes trouvent-ils par la méthode ſuivante la diſtance moyenne de l'ellipſe A B P D (Fig. 2. Pl. 2.). Ils prennent une ligne quelconque B F qui ſoit moyenne proportionnelle entre A C & C O. Du foyer F, à l'intervalle F B, ils décrivent le cercle B M D N qui coupe l'ellipſe A B P D aux deux points B & D. Ils aſſurent que la Planéte ſe trouve à ſa diſtance moyenne, lorſqu'elle eſt arrivée aux points d'interſection B & D. Dans ces deux points, *diſent-ils*, la Planéte qui parcourt l'ellipſe A B P D, ſe meut comme ſi elle ſe mouvoit dans le cercle B M D N, parce que ſon rayon vecteur B F eſt en même tems rayon de ce cercle ; donc il y a deux points dans les ellipſes où les planétes ont un véritable mouvement circulaire ; donc il y a deux points dans les ellipſes où la ſeconde loi de Képler ſe vérifie auſſi exactement que dans le cercle. Cette

note doit être relue, lorſqu'on aura lu la troiſième lettre de ce ſecond livre, dans laquelle on explique la formation phyſique de l'ellipſe. On comprendra alors ſans peine que la ſeconde loi de Képler ne peut ſe vérifier, que lorſque les Planétes qui parcourent des ellipſes, ſont arrivées à l'une de leurs diſtances moyennes.

LETTRE SECONDE.

Ancienneté du ſyſtême de Copernic. Image ſenſible des mouvemens des corps céleſtes. Examen de la force centripète, & du changement qu'elle éprouve. Conformité des loix de la force centripète avec les loix de l'attraction Newtonienne. Examen de ces loix & conſéquences qu'il faut en tirer. Maſſes des corps céleſtes. Volumes des mêmes corps. Méthode pour trouver leurs denſités. Tems que mettroit une Planète abandonnée à ſa gravité, pour arriver au centre de ſon mouvement. Attraction particulière des corps ſublunaires comparée avec l'attraction générale de la Terre.

VOtre dernière lettre me met bien à mon aiſe, mon cher Chevalier. Je ſçais maintenant comment il faut vous écrire. Un Phyſicien auſſi au fait que vous l'êtes, des loix de Képler, entend les choſes à demi mot. Je n'oublierai pas cependant

que nous devons mettre au jour notre commerce épiſtolaire, & que tous nos lecteurs n'auront pas en Phyſique les grandes avances que vous y avez ; nous n'aurons que trop ſouvent le déſagrément d'être jugés par des hommes qui n'auront pas la moindre teinture de cette ſcience. Il ne faut pas que ces ſortes de perſonnes s'attendent à lire ce ſecond livre de la vie littéraire de Newton avec autant de facilité qu'ils ont lu la vie littéraire de Deſcartes, & qu'ils liront le troiſième volume de cet Ouvrage. Je tâcherai cependant de parler avec clarté. Auſſi me ſuis-je déterminé à vous envoyer dans les cinq lettres ſuivantes le commentaire, & non pas l'abrégé du Traité de Newton ſur le ſyſtéme général du monde.

Le Philoſophe Anglois prétend d'abord que ce que nous entendons en Phyſique par le *Syſtéme de Copernic* eſt un ſyſtéme peut-être auſſi ancien que le Monde. Philolaüs, Ariſtarque, Platon, Pythagore, Numa Pompilius, voilà quelques Philoſo-

phes qu'il met au rang des défenſeurs de la mobilité de la Terre autour du Soleil Il veut même que Numa n'ait fait conſtruire à Rome le temple de Veſta, & qu'il n'ait placé un feu perpétuel au milieu de cette eſpèce de Rotonde, que comme un Symbole du Soleil immobile au centre du Monde. Ce ſont les Égyptiens que Newton regarde comme les pères de ce beau ſyſtéme. Il ſe plaint avec raiſon d'Anaxagore, & de Démocrite qui les premiers l'ont abandonné, pour enſeigner l'immobilité de la Terre. Il paroît indigné contre Eudoxe, Calyppe & Ariſtote qui, pour ne pas ſoutenir que les Cieux fuſſent fluides, n'ont pas fait difficulté de placer les Cométes au-deſſous de la Lune. Enfin il donne à Képler, à Deſcartes, à Borelli, à Hook & à tous les Phyſiciens qui ont tenté d'expliquer méchaniquement les mouvemens des Aſtres, les louanges qui leur ſont dûes. Newton, après cette eſpèce d'exorde, déclare qu'il va examiner avec toute l'attention dont il ſera capable, les

forces dont les Planétes & les Cométes ſont animées dans leur cours. Suivons-le pas à pas dans ſa marche auſſi géométrique que phyſique. Il ne paroit jamais plus grand, que lorſqu'il calcule les mouvemens des cieux.

Imaginez-vous, mon cher Chevalier ; une montagne très-élevée au-deſſus de la ſurface de la Terre. Suppoſez pour un moment qu'il ſe trouve ſur le ſommet de cette montagne un canon très-bien chargé. Si l'on tire ce canon, qu'arrivera-t'il ? Le boulet partira, & il parcourra une ligne courbe, avant que de tomber ſur la ſurface de notre globe. Je le demande à tout Phyſicien attentif ; ce boulet, tout le tems qu'il décrit cette courbe, n'eſt-il pas comme animé de deux forces, l'une de gravité qui le porte vers le centre de la Terre, l'autre horizontale qui l'en éloigne ? Ce n'eſt pas encore tout ; n'eſt-il pas évident que ce boulet continueroit éternellement à décrire cette courbe, en parcourant des aires proportionnelles aux

tems, & qu'il deviendroit par conſéquent comme Satellite de la Terre, ſi la force horizontale, communiquée par la poudre, étoit auſſi peu détruite par la réſiſtence de l'air, que l'eſt la force centripéte, communiquée par la gravité. C'eſt-là, mon cher Chevalier, l'image ſenſible de tous les mouvemens de ces globes qui roulent majeſtueuſement ſur nos têtes. Si la Lune tourne circulairement autour de la Terre, c'eſt qu'avec ſa force de gravitation vers le centre de notre globe, elle a reçu du Créateur un mouvement horizontal, ou de projection que le fluide dans lequel elle ſe trouve, ne peut jamais altérer ſenſiblement. Si la Terre tourne périodiquement autour du Soleil, c'eſt que la force de projection l'empêchera toujours d'obéir entiérement à la force qui la fait tendre vers le centre de cet Aſtre. Ainſi s'expliquent non-ſeulement les mouvemens des autres Planétes principales autour du Soleil, mais ceux encore des ſatellites autour des Planétes principales.

Comme la force centripéte, quelle qu'en ſoit la cauſe, n'eſt rien moins qu'uniforme, puiſqu'elle eſt tantôt plus grande & tantôt plus petite, ſuivant que le corps eſt à une plus petite, ou à une plus grande diſtance du centre de ſon mouvement; Newton a dû commencer par déterminer le changement qu'elle éprouve. Auſſi a-t-il avancé poſitivement, que cette force eſt en raiſon inverſe des quarrés des diſtances au centre (*a*). Si je parlois à un Phyſicien de deux jours, je lui expliquerois fort au long quel changement annonce cette manière de s'exprimer; mais je vous connois, & vous voyez auſſi bien que moi que, pour que la force centripéte ſoit en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, il faut qu'un corps à 1 lieüe tende 4 fois plus vers le centre qu'à 2; 9 fois plus à 1 lieüe qu'à 3; 16 fois plus à 1 lieüe qu'à 4 &c. Une pareille aſſertion demande une démonſtration dans toutes les formes. Newton nous avertit dans l'Opuſcule dont je vous rends compte, qu'il l'a donnée dans le corol-

laire 6e de la propoſition 4e de ſon livre des Principes. C'eſt ici qu'il me paroit qu'il convient de la placer. Voici donc comment je m'y prens pour démontrer cette propoſition fondamentale dans le ſyſtéme du Philoſophe Anglois; j'eſpére m'exprimer un peu plus clairement que lui.

La Lune eſt une orps ſphérique à peu près cinquante fois moindre en volume que celui de la Terre, autour de laquelle elle tourne circulairement dans l'eſpace de 27 jours, 7 heures, 43 minutes, à la diſtance de 60 rayons terreſtres, ou d'environ quatre-vingt dix mille lieues. Cet Aſtre a donc une véritable force qui le fait tendre vers le centre de la Terre; & vous aurez le chemin précis que feroit pendant une minute, pour s'approcher de ce centre, la Lune abandonnée à ſa gravité, ſi vous prenez la peine de diviſer le quarré de ſa viteſſe pendant une minute, par le diamétre du cercle qu'elle parcourt. C'eſt-là la régle que nous donnent tous les Géométres; régle infaillible, puiſqu'elle eſt appuyée, ſur

la démonſtration la plus palpable (*b*). Si vous voulez enſuite tirer de cette même régle le changement de la gravité ou de la force centripéte en raiſon inverſe des quarrés des diſtances au centre, vous n'aurez, mon cher Chevalier, qu'à vous rappeller les notions ſuivantes.

1°. Le rayon de l'orbite lunaire eſt préciſément de 60, & ſon diamétre de 120 rayons terreſtres.

2°. Le rayon terreſtre étant d'environ 1500 lieues, le diamétre de l'orbite lunaire eſt donc d'environ 180000 lieues, leſquelles réduites en pieds, à raiſon d'environ 14000 pieds chacune, valent 24649 92000 pieds.

3°. Puiſque toute circonférence circulaire eſt ſenſiblement triple de ſon diamétre, la circonférence de l'orbite lunaire doit être de 540000 lieues, ou de 739 4976000 pieds.

4°. La Lune parcourt ſon orbite dans l'eſpace de 39343 minutes. L'on aura donc l'eſpace qu'elle parcourt dans une

minute, en faiſant la régle ſuivante ; 39343 minutes : à 7394976000 pieds : : 1 minute : à l'eſpace cherché, c'eſt-à-dire, 187900 pieds.

5°. Le quarré de 187900 eſt 353064 10000.

6°. Une minute eſt regardée comme un tems infiniment petit, ſi on la compare avec tout le tems qu'employe la Lune à parcourir ſon orbite. Le quarré de 187900 pieds nous repréſente donc le quarré de la vîteſſe de la lune pendant une minute.

7°. Pour avoir le chemin que feroit, pour s'approcher de la Terre, la Lune abandonnée pendant une minute à ſa ſeule gravité, il faut diviſer le quarré de l'eſpace qu'elle parcourt pendant une minute, c'eſt-à-dire, 35306410000, par la valeur du diamétre de l'orbite lunaire, c'eſt-à-dire, par 2464992000 ; & le quotient 15 vous donnera ce que vous demandez. Ces principes une fois ſuppoſés, voici comme vous devez raiſonner.

Il eſt donc décidé que la Lune, à la diſtance de 60 rayons terreſtres, ne parcourroit que 15 pieds dans la première minute, ſi elle étoit abandonnée à ſa ſeule force centripéte. Il eſt encore décidé que nos corps graves, éloignés du centre de la Terre d'un rayon terreſtre, en parcourroient 54000, s'ils continuoient de tomber pendant une minute de tems, puiſqu'ils parcourent 15 pieds dans la première ſeconde (*c*). Il eſt enfin décidé que le nombre 54000 eſt préciſément 3600 fois plus grand que 15; donc la Lune éloignée du centre de la terre de 60 rayons terreſtres a 3600 fois moins de gravité, que nos corps ſublunaires éloignés du même centre d'un ſeul rayon; donc l'on peut faire la proportion ſuivante, la gravité des corps ſublunaires éloignés du centre de la Terre d'un rayon terreſtre: à la gravité de la lune éloignée du même centre de 60 rayons:: le quarré de 60 = 3600: au quarré de 1 = 1. Mais c'eſt-là ſuivre préciſément la raiſon inverſe des quarrés des

diſtances au centre ; donc la force centripéte des corps ſuit préciſément cette raiſon.

Newton remarque très-à-propos, dans cet opuſcule, que les tems périodiques des Planétes ne ſeroient pas comme les racines quarrées des cubes de leurs diſtances au Soleil, ſi leurs forces centripétes n'étoient pas préciſément en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au centre du même Aſtre. Vous devez comprendre mieux que bien d'autres, mon cher Chevalier, la bonté de ce raiſonnement. Je ſçais que vous êtes très au fait des deux loix de Képler. Or la ſeconde de ces loix ſuppoſe les vîteſſes des Planétes en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances ; & ce changement de vîteſſe ſuppoſe le changement de leur force centripéte en raiſon inverſe des quarrés des mêmes diſtances. Mais enfin dès qu'on a une bonne démonſtration d'une vérité, qu'eſt-il néceſſaire d'en aller chercher deux ? Il eſt démontré que la Lune tournant autour de la Terre, a une force centripéte en raiſon

inverſe des quarrés des diſtances au centre de notre globe ; il eſt donc démontré que les Planétes tournant autour du Soleil, & les Satellites tournant autour de leurs Planétes principales, ont à l'égard de leur centre reſpectif une force qui éprouve le même changement.

Pour bien connoitre la force avec laquelle un Satellite péſe vers la Planéte autour de laquelle il circule, ne vous contentez pas, mon cher Chevalier, d'être au fait de ſa diſtance, ayez encore égard à la maſſe placée au centre de ſon mouvement. Le même Satellite, à la même diſtance de la maſſe A & de la maſſe B, peſera dix fois plus vers la première que vers la ſeconde, ſuppoſé que celle-ci ait dix fois moins de matière que celle-là. Auſſi les Newtoniens ont-ils coutume d'avancer que la force centripéte de tout corps qui circule, eſt toujours proportionnelle à la maſſe autour de laquelle il ſe meut, diviſée par le quarré de ſa diſtance au centre de cette même maſſe. Ils préſentent

cette régle ſous la formule du monde la plus ſimple ; la voici. $p = \frac{M}{DD}$. Dans cette formule p marque une force centripéte quelconque ; M une maſſe quelconque placée à un centre quelconque ; D D le quarré d'une diſtance quelconque à ce centre.

La première conſéquence que vous devez tirer de tout ceci, c'eſt que ſi nous nommons avec Newton *corps attirant*, tout corps vers lequel d'autres paroiſſent tendre ; *corps attiré*, tout corps qui tend vers un autre ; nous avons raiſon d'aſſurer que l'attraction ſuit toujours la raiſon directe de la maſſe du corps attirant, & la raiſon inverſe du quarré de la diſtance qu'il y a entre le corps attiré & le corps attirant. L'attraction paſſive d'un corps qui tend vers un autre ſera donc, de même que la force centripéte, exprimée par la formule $p = \frac{M}{DD}$.

La ſeconde conſéquence que vous pourrez tirer, ne ſera pas moins directe que

la première. Je ſuppoſe deux ſphéres homogénes de différente groſſeur ; je ſuppoſe, par exemple, que la première A, (Fig. 4 Pl. 2) ait mille fois plus de matière que la ſeconde B (Fig. 5 Pl. 2). Il eſt évident que deux corps égaux C & D, placés ſur leur ſurface, ne ſeront pas également attirés au centre de ces deux ſphéres. Si l'on demande la différence qu'il y a entre la manière dont ils ſont attirés, je répondrai ſans héſiter qu'elle eſt préciſément la même que celle qui ſe trouve entre leurs rayons. Si la ſphére A, par exemple, a un rayon dix fois plus grand que la ſphére B, le corps C placé ſur la ſurface de la ſphére A, ſera dix fois plus attiré que le corps D placé ſur la ſurface de la ſphére B. (*d*).

La troiſième conſéquence que vous tirerez, c'eſt que deux corps égaux qui ſe trouvent dans l'intérieur d'une ſphére homogéne, à différentes diſtances du centre, ſont attirés vers ce centre en raiſon directe de leur éloignement ; le corps M, par

exemple, éloigné d'une lieue du centre de la ſphére, ſera une fois moins attiré que le corps N qui en eſt éloigné de deux : Pourquoi ? parceque les attractions particulières de toutes les parties qui ſont moins enfoncées qu'eux, étant comptées pour rien, les deux corps M & N ſe trouvent comme ſur la ſurface de deux ſphéres homogénes de différente groſſeur ; ils doivent donc peſer vers le centre en raiſon directe des rayons de ces deux ſphéres, c'eſt-à-dire, en raiſon directe de leurs diſtances. Il n'eſt pas néceſſaire de vous faire remarquer que dans ce cas-ci, comme dans le précédent, les diſtances ſe confondent avec les rayons.

Ici ſans doute vous ne manquerez pas de me demander, mon cher Chevalier, pourquoi, ſi je place dans l'intérieur d'une ſphére de trois lieuës de rayon le corps S à deux lieuës du centre, les attractions de toutes les particules qui ſont moins enfoncées que ce corps, ſeront comptées pour rien. J'ai vû des perſonnes qui ne

pouvoient pas comprendre ce méchaniſme ; je ne vois pas cependant qu'il ſoit bien inintelligible. Plaçons ce corps dans la partie ſupérieure de la Sphére A, (Fig. 6. Planche 2) ; le corps S ſera beaucoup plus attiré vers le point E par les particules placées entre B & C, que vers le point 6 par celles qui ſe trouvent entre D & F ; les attractions particulières de celles-ci détruiront donc une partie des attractions particulières de celles-là ; le reſte ſera détruit par les attractions particulières des particules placées entre B & D, & entre C & F, dont les unes font tendre le corps S vers le point N, & les autres vers le point M. Donc l'on a raiſon de compter pour rien, par rapport au corps S, toutes les attractions particulières des particules de la ſphére qui ſont plus éloignées que lui, du centre A. (*e*)

La quatrième conſéquence ſe préſente comme d'elle-même. Un corps placé au centre de la ſphére homogéne A, (Figure 6. Planche 2.) ſeroit deſtitué de

toute

toute la peſanteur que cette ſphére peut lui communiquer. Pourquoi ? parce que les attractions des parties placées à l'orient ſeroient détruites par les attractions des parties placées à l'occident, & les attractions des parties placées au midi ſeroient détruites par les attractions des parties placées au nord.

Enfin la cinquième & la dernière conſéquence que je tirerai, ſera celle-ci ; tout corps attiré par une ſphére homogéne, doit tendre à ſon centre. Vous en voyez la raiſon, mon cher Chevalier ; ce corps dont vous connoiſſez l'inertie eſt en même tems attiré par chaque particule dont la ſphére eſt compoſée. Comment obéira-t-il à toutes ces différentes directions ? Ce ne ſera ſans doute qu'en tendant vers un point commun, qui ne peut être que le centre de la ſphére.

Newton toujours entouré de caractéres algébriques ou arithmétiques, examine enſuite, mon cher Chevalier, la différence qu'il y a entre les forces attrac-

ves des corps céleſtes. Il compare d'abord celle du Soleil avec celle de Jupiter, & il trouve que le Soleil a une force attractive onze cent fois plus grande que celle de Jupiter. Peut-être ſerez-vous curieux de ſçavoir comment il a pu venir à bout de réſoudre ce probléme. Voici ſa méthode elle eſt infaillible. Il nous fait d'abord remarquer que la diſtance moyenne du 4e ſatellite de Jupiter au centre de ſa planéte principale : à la diſtance moyenne de Vénus au centre du Soleil :: 124 : 7234. Cela eſt vrai à peu de choſe près, puiſque ce quatrième ſatellite eſt, dans ſa diſtance moyenne, à environ trois cens quatre-vingt dix mille lieües du centre de Jupiter, & Venus à environ vingt-deux millions de lieües du centre du Soleil.

Il ajoute que le tems périodique du quatrième ſatellite eſt de ſeize jours & $\frac{3}{4}$, & que celui de Venus eſt de 224 jours & $\frac{2}{3}$.

Il aſſure enfin que, pour connoitre la manière dont un corps qui circule, gra-

vite vers le centre de ſon mouvement, il faut diviſer ſa diſtance au centre par le quarré de ſon tems périodique (*f*). Newton a appliqué cette régle aux deux corps céleſtes dont nous parlons. Il a d'abord diviſé par le quarré de $16\frac{3}{4}$ la diſtance du quatrième ſatellite de Jupiter, repréſentée par 124. Il a fait la même opération ſur la diſtance de Vénus repréſentée par 7234, qu'il a diviſée par le quarré de $224\frac{2}{3}$; & comme il a trouvé que ces deux fractions étoient entr'elles comme 442 eſt à 143, il a conclu que le quatrième ſatellite gravitoit au moins trois fois plus vers Jupiter que Vénus ne gravite vers le Soleil. Il a plus fait; il a examiné quelle ſeroit la gravitation du ſatellite, s'il étoit auſſi éloigné de Jupiter, que l'eſt Vénus du Soleil; & il a trouvé qu'à cette diſtance la gravitation du ſatellite vers Jupiter : à la gravitation actuelle de Vénus vers le Soleil : : 1 : 1100; c'eſt-là ce qui l'a fait conclure que le Soleil a une force attractive onze cent fois plus

grande que celle de Jupiter, & que par conſéquent celui-là a onze cent fois plus de matière que celui-ci. Ne croyez pas, mon cher Chevalier, que cette dernière découverte ait été bien difficile à faire. Newton n'a eu qu'à former la proportion ſuivante; le quarré de la nouvelle diſtance du quatrième ſatellite de Jupiter, repréſenté par le quarré de 7234 : au quarré de ſon ancienne diſtance, repréſenté par le quarré de 124 :: l'ancienne gravitation du ſatellite de Jupiter, repréſentée par 442 ; à un quatrième terme qui donne la nouvelle gravitation de ce ſatellite. Ce quatrième terme eſt la fraction $\frac{13}{100}$. Donc ſi le quatrième ſatellite de Jupiter étoit auſſi loin de ſa planéte principale, que Vénus l'eſt du Soleil, l'on auroit la proportion ſuivante ; la gravitation du quatrième ſatellite vers Jupiter : à la gravitation de Vénus vers le ſoleil :: $\frac{13}{100}$: 143. Mais $\frac{13}{100}$: 143 :: 1 : 1100. Donc ſi le quatrième ſatellite étoit auſſi éloigné de Jupiter, que Vénus l'eſt du Soleil, il graviteroit onze cent fois

moins vers ſa planéte principale, que Vénus ne gravite vers le Soleil. Donc le Soleil a une force attractive onze cent fois plus forte que celle de Jupiter.

Vous comprenez, mon cher Chevalier, que Newton n'a pas oublié de comparer la force attractive du Soleil avec la force attractive de la Terre. Il a trouvé celle-là deux cent vingt-neuf mille quatre cent fois plus forte que celle-ci. En effet la diſtance de la Lune à la Terre ſuivant Newton : à la diſtance de Vénus au Soleil : : 29 ; 7233. Diviſez donc 29 par le quarré du tems périodique de la Lune, c'eſt-à-dire, par le quarré de 27 jours $\frac{1}{3}$; diviſez enſuite 7233 par le quarré du tems périodique de Vénus, c'eſt-à-dire, par le quarré de 224 jours $\frac{2}{3}$; vous aurez deux fractions qui ſeront entr'elles à peu près comme 1 eſt à 4. Donc la Lune gravite actuellement quatre fois moins vers la Terre, que Vénus ne gravite vers le Soleil. Donc ſi la Lune étoit auſſi éloignée de la Terre, que l'eſt Vénus du Soleil, elle gra-

viteroit environ deux cent vingt-neuf mille quatre cent fois moins vers le centre de notre globe, que Vénus ne gravite vers celui du Soleil. Donc la force attractive de la Terre : à la force attractive du Soleil :: 1 : 229400.

Enfin Newton, après nous avoir averti que la diſtance du quatrième ſatellite de Saturne au centre de ſa Planéte principale : à la diſtance de Vénus au Soleil :: $92\frac{2}{5} : 7234$; & après avoir ajouté que le tems périodique de ce ſatellite eſt de 15 jours, 22 heures & 40 minutes, conclut que la force attractive du Soleil : à la force attractive de Saturne :: 2360 : 1. Je ſçais que ſa régle lui donne ce réſultat. Mais je ſçais auſſi que la maſſe du Soleil : à la maſſe de Saturne :: le cube de la diſtance de Vénus, diviſé par le quarré de ſon tems périodique : au cube de la diſtance du quatrième ſatellite, diviſé par le quarré de ſon tems périodique (*g*). Or cette dernière proportion me donne la maſſe du Soleil environ onze cens fois

plus groſſe, & non pas deux mille, trois cens ſoixante fois plus groſſe que la maſſe de Saturne. Il faut donc qu'il y ait quelque erreur ou dans la diſtance que Newton donne à ce ſatellite, ou dans le tems périodique qu'il lui aſſigne.

J'ai examiné la choſe avec toute l'attention dont j'ai été capable, & j'ai trouvé que Newton avoit donné trop de diſtance à Vénus, & trop peu non-ſeulement au quatrième ſatellite de Saturne, mais encore au quatrième ſatellite de Jupiter, & à la Lune. En effet les Aſtronomes modernes qui font le rayon du grand orbe de 1000 parties égales, repréſentent la diſtance de Vénus au Soleil par 723, celle du quatrième ſatellite de Jupiter par 13, celle de la Lune par 3, & celle du quatrième ſatellite de Saturne par 12. Donc Newton qui a fait le rayon du grand orbe de 10000 parties égales, auroit dû repréſenter ces 4 diſtances par 7230, par 130, par 30 & par 120 : au lieu de les repréſenter par 7234, par 124, par 29

& par $92\frac{2}{5}$. Voilà en deux mots la cauſe de ſon erreur. C'eſt après l'avoir corrigée que j'ai trouvé les maſſes des Corps céleſtes, à peu près dans la proportion ſuivante.

Soleil	Jupiter	Saturne	la Terre
1	$\frac{1}{949}$	$\frac{1}{1092}$	$\frac{1}{207194}$

Ces maſſes, mon cher Chevalier, ne s'accordent guères avec les volumes des Corps céleſtes. Le Soleil, par exemple, dont le volume eſt, ſuivant tous les Aſtronomes, un million de fois plus gros que celui de la Terre, n'a guères que deux cent mille fois plus de matière que le globe que nous habitons. Auſſi ce profond Phyſicien a-t-il donné, dans la propoſition huitième du livre troiſième des Principes, une régle infaillible pour trouver les denſités différentes du Soleil, & de la plupart des Planétes. Cette méthode conſiſte à chercher d'abord les poids de deux corps égaux tranſportés ſur les ſurfaces de deux ſphéres, dont on connoit la

quantité de matière & les rayons. Ce premier probléme n'eſt pas difficile à réſoudre. Le poids du corps A poſé ſur la ſurface du Soleil : au poids du corps B poſé ſur la ſurface de la Terre : : la maſſe du Soleil diviſée par le quarré de ſon rayon, c'eſt-à-dire, $\frac{207194}{10000}$: à la maſſe de la Terre diviſée par le quarré de ſon rayon, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{1} = 1$. Mais $\frac{207194}{10000}$: 1 : : environ 21 : 1. Donc ſi le corps A, & le corps B égaux en maſſe étoient poſés, l'un ſur la ſurface du Soleil, & l'autre ſur la ſurface de la Terre, celui-là peſeroit vingt & une fois plus que celui-ci. Il n'eſt pas néceſſaire de vous faire remarquer, mon cher Chevalier, que je repréſente le quarré du rayon du Soleil par 10000, & le quarré du rayon de la Terre par 1, parce que le rayon du Soleil = 150000 lieües : au rayon de la Terre = 1500 lieües : : 100 : 1. (*h*).

Ce probléme une fois réſolu, vous raiſonnerez ainſi avec Newton. Si le Soleil & la Terre avoient la même denſité, le So-

leil auroit un million de fois plus de matière que la Terre. Il auroit donc fallu faire, pour trouver dans cette hypothèse les poids des corps A & B, la proportion suivante ; le poids du corps A posé sur la surface du Soleil : au poids du corps B posé sur la surface de la Terre :: $\frac{1000000}{10000} = 100 : \frac{1}{1} = 1$; ce qui, dans le cas d'une égale densité, vous auroit non-seulement donné le poids du corps A cent fois plus grand que le poids du corps B, mais encore vous auroit appris que dans ce même cas les poids de ces deux corps étoient en raison directe des rayons des sphéres sur lesquelles on les avoit supposés placés. Donc dans le cas d'une inégale densité l'on dira ; le poids du corps A posé sur la surface du Soleil : au poids du corps B placé sur la surface de la Terre :: le rayon du Soleil multiplié par sa densité : au rayon de la Terre multiplié par sa densité. Donc la densité du Soleil : à la densité de la Terre :: le poids du corps A divisé par le rayon du Soleil : au poids du

corps B divisé par le rayon de la Terre. Donc en général la densité d'une Planéte est proportionnelle au poids d'un corps transporté sur la surface de cette Planéte, & divisé par le rayon de cette même Planéte (*i*). Cette régle nous donne les densités de la Terre, du Soleil, de Jupiter & de Saturne comme

Terre	Soleil	Jupiter	Saturne
1	$\frac{1}{5}$ ou à peu près	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$

Vous pourrez donc assurer, sans craindre de vous tromper, mon cher Chevalier, non-seulement que la Terre est au moins quatre fois, pour ne pas dire cinq fois plus dense que le Soleil, mais encore que celui-ci, quoiqu'assez rare en lui-même, l'est cependant un peu moins que Jupiter, & Jupiter un peu moins que Saturne. Newton prétend que ces deux Planétes, trop éloignées du Soleil, & par conséquent très peu échauffées par les rayons de cet astre, ne contiennent presque point de particules métalliques. Il n'en est pas

ainſi de Vénus & de Mercure qu'il regarde comme beaucoup plus denſes que la Terre. Il explique beaucoup mieux ſa penſée dans le corollaire 4 de la propoſition 8 du livre 3 des Principes. Voici à peu près comment il s'exprime. Les Planétes qui ſont plus près du Soleil, ſont auſſi plus denſes; elles devoient donc être placées à différentes diſtances de cet Aſtre, afin que chacune, à raiſon de ſa denſité, fût plus ou moins échauffée par le Soleil. Si la Terre étoit placée à l'orbe de Saturne, notre eau ſeroit perpétuellement gelée; & ſi la Terre étoit dans l'orbe de Mercure, toute l'eau s'évaporeroit dans l'inſtant. Car la lumière du Soleil, à laquelle la chaleur eſt proportionnelle, eſt ſept fois plus denſe dans Mercure, que ſur la Terre: & j'ai éprouvé par le Thermométre que, lorſque la chaleur étoit ſept fois plus forte que celle du Soleil dans notre été, elle faiſoit bouillir l'eau dans l'inſtant. Il n'eſt pas douteux que la matière de Mercure ne ſoit proportionnée à la cha-

leur qu'il éprouve, & que par conſéquent elle ne ſoit plus denſe que celle de la Terre; car plus la matière eſt denſe, plus il faut de chaleur pour produire les mêmes effets.

Toutes ces découvertes intéreſſantes ont dû naturellement conduire Newton à l'éxamen du tems que mettroit un corps libre pour ſe rendre ſur la ſurface de celui qui l'attire. Il nous fait d'abord remarquer que deux corps de différente maſſe, placés dans le vuide à égale diſtance du centre de la Terre, tomberoient avec la même vîteſſe ſur la ſurface de notre globe. Cette remarque eſt juſte. Chaque particule inſenſible de chacun de ces corps reçoit la même vîteſſe accélératrice, puiſque cette eſpèce de vîteſſe eſt proportionnelle à la maſſe attirante diviſée par le quarré de la diſtance qui ſépare le corps attiré du corps attirant; donc ces deux corps devroient dans le vuide tomber ſur la Terre avec la même vîteſſe. L'expérience vient ici très à propos au ſecours du rai-

ſonnement. Dans un récipient exactement purgé d'air, on voit tous les jours une plume tomber auſſi vîte, qu'un morceau de fer, ou d'or très conſidérable. Voila, pour le dire en paſſant, mon cher Chevalier, ce qui m'a fait d'abord ſoupçonner que la gravité dépendoit d'une cauſe générale. Si cet effet, *me diſois-je à moi-même*, étoit produit par une cauſe ſeconde, immédiate & méchanique qui pouſſât les corps ſublunaires vers le centre de notre globe, la vîteſſe accélératrice ſe communiqueroit à peu près comme la vîteſſe horizontale. Je pouſſe horizontalement avec 10 dégrés de vîteſſe la boule A de 10 livres, & la boule B de 5; cette vîteſſe ſe communique tellement, que chaque partie de la boule B en reçoit une fois plus que chaque partie de la boule A. Il n'en eſt pas ainſi, ſi ces deux boules, placées dans le vuide, tombent à égale diſtance ſur la ſurface de la Terre; chaque partie de la boule A recevra autant de vîteſſe que chaque partie de la boule

B, soit que ces deux boules, sous différentes masses, aient le même, soit qu'elles n'aient pas le même volume. Donc la vîtesse accélératrice ne peut pas être produite par une cause seconde, immédiate & méchanique ; donc elle est l'effet immédiat de la cause première qui la produit en vertu d'une loi générale.

Newton demande ensuite combien de tems emploiroit, pour arriver au centre de son mouvement, une Planéte abandonnée à sa seule force de gravité. Il répond qu'il faut d'abord chercher le tems périodique de cette Planéte, à une distance sous double de celle où elle se trouve actuellement ; & il ajoute que la moitié de ce tems périodique donnera celui de la chûte perpendiculaire de la Planéte en question. Il me paroit, mon cher Chevalier, que l'on peut résoudre ce problême d'une manière plus simple & plus facile. Voici le raisonnement que je fais. La Planéte A, (Fig. 9 Pl. 2) abandonnée à sa seule force de gravité, parcour-

roit AP dans le même tems qu'elle parcourt l'arc AG, en vertu des deux forces dirigées ſuivant les lignes AM & AP. Donc la Planète A, abandonnée à ſa ſeule force de gravité, parcourroit AC, c'eſt-à-dire, arriveroit au centre de ſon mouvement dans le même tems qu'elle parcourt le quart de cercle AV. Donc, pour arriver au centre de ſon mouvement, une Planète, abandonnée à ſa ſeule force de gravité, emploiroit à peu près le quart de ſon tems périodique, en ſuppoſant qu'elle parcourre une orbite à peu près circulaire. La Lune, par exemple, qui parcourt une orbite ſenſiblement circulaire dans l'eſpace de 27 jours, 7 heures, & 43 minutes, demeureroit, ſi elle étoit pouſſée par la ſeule force centripète, environ 6 jours & 20 heures pour arriver juſqu'au centre de la Terre, c'eſt-à-dire, pour parcourir l'eſpace d'environ quatre vingt-dix mille lieües. La Terre par la même raiſon, abandonnée à ſa ſeule force centripète, demeureroit environ trois mois à tomber dans le Soleil &c.

Newton, avant que d'en venir aux grands phénoménes qu'offre, à des yeux phyſiciens, le ſyſtéme général de l'Univers, demande pourquoi nous n'appercevons pas ſur la Terre les effets de l'attraction mutuelle que les corps particuliers doivent naturellement exercer les uns ſur les autres. La réponſe à cette eſpèce d'objection ſe préſente d'elle-même. La Terre, *dit-il*, étant un corps incompréhenſiblement plus gros que quelque corps ſublunaire que l'on puiſſe aſſigner, il eſt néceſſaire que ſon attraction générale abſorbe tellement toutes les attractions particulières, qu'elle les rende abſolument inſenſibles. Plaçons, par exemple, le corps A ſur une ſphére d'un pied de diamétre, & ſuppoſons que la matière dont cette ſphére eſt compoſée ſoit parfaitement homogéne avec celle qui compoſe la Terre; qu'arrivera-t-il? Le diamétre de la Terre étant environ vingt millions de fois plus grand que le diamétre de cette ſphére particulière, & les corps placés ſur les ſur-

faces de deux ſphéres homogénes, étant attirés en raiſon des diamétres de ces mêmes ſphéres (*); il eſt évident que le corps A ſera vingt millions de fois plus attiré par la Terre, que par la ſphére d'un pied de diamétre ; en faut-il tant pour rendre inſenſible l'attraction de cette petite ſphére ? Voilà, mon cher Chevalier, ce que je regarde comme les points les plus faciles du ſyſtéme général de l'Univers ; auſſi Newton les a-t-il traités dans les 23 premières pages de l'Opuſcule dont j'ai commencé à vous rendre compte. Ce qui fait la matière des 48 pages ſuivantes eſt d'une toute autre difficulté. Newton y approfondit les 4 queſtions les plus embrouillées que l'on puiſſe propoſer en Phyſique ; elles vont faire les ſujets des 4 lettres ſuivantes. Je ſuis &c.

(*) Voyez la Note *d*.

Notes pour la ſeconde Lettre.

(*a*) La raiſon inverſe & la raiſon réciproque ſont préciſément la même choſe. Or 4 termes ſont

en raiſon réciproque, lorſque 1°. ils forment une proportion géométrique; lorſque 2°. le premier & le dernier terme appartiennent à une quantité; & le ſecond avec le troiſième à une autre. Le poids A de 1 & le poids B de 2 livres, *par exemple*, appliqués aux deux extrémités d'un levier, ne ſont en équilibre, que lorſqu'ils ont leurs maſſes en raiſon inverſe de leurs diſtances au point d'appui, c'eſt-à-dire, lorſque l'on peut faire la proportion ſuivante; la maſſe du corps A : à la maſſe du corps B : : comme la diſtance du corps B au point d'appui du levier : à la diſtance du corps A au même point d'appui. En effet pour mettre ces deux poids en équilibre, il faut mettre le corps A d'une livre à 2 pieds, & le corps B de 2 livres à 1 pied du point d'appui; & l'on peut aſſurer alors que la diſtance du corps A au point d'appui l'emporte autant ſur la diſtance du corps B au même point d'appui, que la maſſe de celui-ci l'emporte ſur la maſſe de celui-là. Cet arrangement marque évidemment une raiſon inverſe; puiſque le premier & le dernier termes de cette proportion appartiennent au corps A, & le ſecond avec le troiſième au corps B. L'on trouve dans le corps de la lettre une foule d'exemples de la raiſon inverſe des quarrés des diſtances.

(*b*) Il faut démontrer que la force centripète *p* d'un corps quelconque A qui parcourt le cercle DAEC, (Fig. 3. Pl. 2), eſt dans tous les

points de cette courbe, égale au quarré de la vîteſſe u de ce corps, diviſé par le diamétre d du cercle parcouru. Il faut donc que la démonſtration finiſſe par cette équation $p = \frac{uu}{d}$.

1°. Je ſuppoſe infiniment petit l'arc A H que le corps A parcourt dans un tems infiniment petit. Dès-lors l'arc A H repréſentera la vîteſſe, & le quarré de A H le quarré de la vîteſſe de ce corps.

2°. L'arc infiniment petit A H doit être regardé comme une ligne droite, & l'angle C du triangle A H C peut paſſer pour nul ſenſiblement.

3°. Dans le triangle A H C l'angle H eſt droit ſenſiblement, puiſqu'il ne lui manque, pour être droit réellement, qu'une quantité infiniment petite, je veux dire, la valeur de l'angle C.

4°. Les deux triangles A H F & A H C ont l'angle A commun.

5°. Le premier de ces deux triangles a l'angle F droit, & le ſecond a l'angle H ſenſiblement droit; donc ces deux triangles ſont ſenſiblement équiangles, *par le corollaire 3 de la propoſition 32 du 1 livre d'Euclide.*

6°. *Par la propoſition 4 du 6 liv. du même Auteur*, deux triangles équiangles ont leurs côtés homologues proportionnels, donc l'on peut faire la proportion ſuivante; A F, petit côté de triangle A H F: à A H, petit côté de grand triangle A H C:: A H, grand côté du petit triangle A H F: à A C, grand côté du grand triangle A H C,

Mais AF $= p$, puiſque AF repréſente la force centripéte du corps A décrivant l'arc AH; AH $= u$, puiſque AH eſt l'eſpace parcouru par le corps A dans un tems infiniment petit ; AC $= d$, puiſque AC eſt le diamétre du cercle DAEC ; donc l'on peut faire la proportion ſuivante ; $p : u :: u : d$; donc $pd = uu$; donc $p = \frac{uu}{d}$; donc la force centripéte p d'un corps quelconque A qui parcourt un cercle, eſt dans tous les points de cette courbe égale au quarré de la vîteſſe de ce corps diviſé par le diamétre du cercle parcouru.

7°. Lorſqu'on compare les deux forces centripétes de deux corps qui parcourent des cercles concentriques, on peut diviſer les quarrés des vîteſſes par les rayons des cercles parcourus, parce que les diamétres ſont comme les rayons. Auſſi voit-on ſouvent $p = \frac{uu}{r}$, au lieu de $p = \frac{uu}{d}$ La première équation marque la force centripéte rélative, & la ſeconde la force centripéte abſolue.

8°. Comme dans le cercle la force centrifuge eſt toujours égale à la force centripéte, parce que le corps qui circule ſe trouve toujours à la même diſtance du centre de circulation ; il s'enſuit que dans le cercle tout ce qu'on a dit de la force centripété pourra s'appliquer à la force centrifuge.

(*c*) Il eſt démontré dans tous les élémens de Statique, que les eſpaces parcourus par un corps qui tombe librement en vertu de ſa gravité, à commencer du premier inſtant de ſa chûte, répondent aux quarrés des tems employés à les parcourir; donc le quarré de la première ſeconde : au quarré de 60 ſecondes : : l'eſpace parcouru dans la première ſeconde : à l'eſpace parcouru dans 60 ſecondes; donc 1 : 3600 : : 15 : 54000; donc, puiſque nos corps graves, tombant librement en vertu de leur gravité, parcourent, près de la ſurface de la Terre, 15 pieds dans la première ſeconde; ils en parcourroient 54000, s'ils continuoient de tomber pendant 60 ſecondes, ou une minute de tems.

(*d*) Si quelqu'un ſouhaite la démonſtration directe de cette dernière propoſition, qu'il appelle P l'attraction paſſive du corps C : R ſa diſtance au centre de la ſphére A; R R le quarré de cette diſtance; M la maſſe de la ſphére A; *p* l'attraction paſſive du corps D; *r* ſa diſtance au centre de la ſphére B; *r r* le quarré de cette diſtance; *m* la maſſe de la ſphére B. Il aura les deux équations ſuivantes, $P = \frac{M}{RR}$ & $p = \frac{m}{rr}$. Mais les ſphéres ſont comme les cubes de leurs rayons; donc il pourra ſubſtituer R^3 à M, & r^3 à *m*; donc $P = \frac{R^3}{R^2}$ & $p = \frac{r^3}{r^2}$; donc P = R, & *p* = *r*; donc P : *p* : : R : *r*, c'eſt-à-dire, l'attraction paſſive du corps

C; à l'attraction passive du corps D :: le rayon de la sphére A : au rayon de la sphère B.

(*e*) Newton, pour prouver dans la proposition 73 du livre 1 des Principes, que les attractions particulières des particules de matière compriſes entre les circonférences D R A S & C M N O, (Fig. 7 Pl. 2), ne doivent être comptées pour rien, ſe ſert de la propoſition 70 du même livre dans laquelle il a démontré que la matière compriſe dans l'eſpace D C G n'attire pas plus le corps C que la matière compriſe dans l'eſpace A C B. Ce n'eſt pas là ce que l'on demande. Il faut démontrer que la matière compriſe dans l'eſpace D C G n'attire pas plus le corps C que la matière compriſe dans l'eſpace A N M B. Le P. Morand, Profeſſeur de Mathématique au Collége d'Avignon, m'a communiqué la démonſtration ſuivante. Elle me paroit préférable à celle du Phyſicien Anglois. La voici,

Je ſuppoſe le corps C au ſommet de cone A C B (Fig. 8 Pl. 2); je dis que ce corps eſt autant attiré par la matière compriſe dans l'eſpace D C G, que par la matière compriſe dans l'eſpace A G D B. Pour le démontrer, voici comment je procéde. 1°. je diviſe la ligne E C en 2 parties égales au point F. 2°. Je prens la hauteur infiniment petite E K de la ſurface circulaire A B H I, égale à la hauteur infiniment petite F T de la ſurface circulaire G K D L. Je dis que la quantité de matière compriſe dans l'eſpace A H B I attirera au-

tant le corps C, que la quantité de matière comprise dans l'espace G K D L.

Démonstration. 1°. A E : G F :: E C : F C, parce que les triangles A E C & G F C sont semblables. Donc $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2 :: \overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$.

2°. La surface circulaire A B H I : à la surface circulaire G K D L :: $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2$, parce que les aires circulaires sont comme les quarrés de leurs rayons. Mais $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2 :: \overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$, (*num.* 1) Donc la surface circulaire A B H I : à sa surface circulaire G K D L :: $\overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$. Donc l'on pourra prendre $\overline{EC}^2$ pour la surface A B H I, & $\overline{FC}^2$ pour la surface G K D L.

3°. Pour trouver la quantité de matière renfermée dans l'espace A B H I, je multiplie cette surface par sa hauteur E K. De même pour avoir la quantité de matière renfermée dans l'espace G K D L, je multiplie cette surface par sa hauteur F T. Donc le solide A B H I $= \overline{EC}^2 \times EK$, & le solide G K D L $= \overline{FC}^2 \times FT$.

4°. La manière dont le corps C est attiré par le solide A B H I est proportionnelle à la quantité de matière de ce solide, divisée par le quarré de la distance E C. Donc la manière dont le corps C est attiré par le solide A B H I est représentée par la fraction $\frac{\overline{EC}^2 \times EK}{\overline{EC}^2} = EK$.

5°. La manière dont le corps C est attiré par le solide

ſolide G K D L ſera par la même raiſon repréſentée par la fraction $\frac{\overline{FC^2} \times FT}{\overline{FC^2}} = FT$. Donc la manière dont le même corps C eſt attiré par le ſolide A B H I : à la manière dont ce même corps C eſt attiré par le ſolide G K D L : : E K : F T. Mais par ſuppoſition E K = F T. Donc le corps C eſt autant attiré par le ſolide GKDL que par le ſolide A B H I.

6°. Comme par ſuppoſition E F = F C, je ferai autant de ſolides égaux en hauteur dans l'eſpace A B G D, que dans l'eſpace D C G ; & ces ſolides pris de deux en deux attirant également le corps C, il s'enſuit évidemment que ce corps n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace D C G, que par la matière compriſe dans l'eſpace A B G D.

7°. Faiſons au-deſſous du corps C le cone C M N préciſément égal au cone D C G ; il eſt évident que le corps C n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace C M N, que par la matière compriſe dans l'eſpace A B G D. Or la matière compriſe dans l'eſpace C M N de la figure 8 ſuppoſe pour la matière compriſe dans l'eſpace C D G de la figure 7e ; & la matière compriſe dans l'eſpace A B G D de la figure 8, ſuppoſe pour la matière compriſe dans l'eſpace A N M B de la figure 7 ; donc dans la figure 7e, le corps C n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace D C G, que par la matière compriſe dans l'eſpace ANMB.

Donc Newton a eu raiſon d'avancer que lorſqu'un corps ſe trouve dans l'intérieur d'une ſphére homogéne, les attractions particulières des particules de matière qui ſont moins enfoncées que lui, doivent être comptées pour rien.

(*f*) La viteſſe V eſt toujours égale à l'eſpace E diviſé par le tems T, donc $V = \frac{E}{T}$. Comme il s'agit ici du mouvement circulaire, les eſpaces ſont des circonférences de cercle, leſquelles ſont entre elles comme leurs rayons; donc la viteſſe V ſera égale à l'eſpace R diviſé par le tems T; donc $V = \frac{R}{T}$; donc $V V = \frac{R R}{T T}$.

La force centripéte *p* d'un corps qui circule autour d'un autre eſt toujours proportionnelle au quarré de ſa viteſſe V V diviſé par le rayon R (*b*); donc $p = \frac{V V}{R}$. Mais $V V = \frac{R R}{T T}$; donc $p = \frac{R R}{R T T}$; donc $p = \frac{R}{T T}$; donc la force centripéte d'un corps qui circule eſt toujours proportionnelle à ſa diſtance au centre, diviſée par le quarré de ſon tems périodique. Dans cette occaſion la diſtance ſe confond avec le rayon du cercle parcouru.

(*g*) Pour démontrer que la maſſe ou la quantité de matière d'un corps central eſt toujours proportionnelle au cube de la diſtance de ſon ſatellite, di-

visé par le quarré du tems périodique de ce même satellite, voici comment je m'y prens. 1°. La force centripéte p d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle à la masse attirante M, divisée par le quarré de la distance, ou du rayon R de l'orbite que parcourt ce même satellite : donc $p = \frac{M}{RR}$.

2°. La force centripéte d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle au quarré de sa viteſſe V, diviſé par le rayon R de l'orbite parcourue ; donc $p = \frac{VV}{R}$.

3°. Par la note précédente, $VV = \frac{RR}{TT}$, donc $p = \frac{RR}{TTR} = \frac{R}{TT}$, donc la force centripéte d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle à sa distance diviſée par le quarré de son tems périodique.

4°. $p = \frac{M}{RR}$, & $p = \frac{R}{TT}$; donc $\frac{M}{RR} = \frac{R}{TT}$, donc $M = \frac{R^3}{TT}$, donc la masse d'un corps central est toujours proportionnelle au cube de la distance de son satellite, diviſé par le quarré du tems périodique de ce même satellite.

(*h*) Pour démontrer que le poids d'un corps est toujours proportionnel à la masse de la sphére sur laquelle il se trouve, diviſée par le quarré du rayon

de la même ſphére, je nomme P le poids, ou la force centripéte du Corps A poſé ſur la ſurface du Soleil ; M la maſſe du Soleil ; D ou R la diſtance ; DD ou R R le quarré de la diſtance du corps A au centre du Soleil. Je nomme encore *p* le poids, ou la force centripéte du corps B poſé ſur la ſurface de la Terre ; *m* la maſſe de la Terre ; *d* ou *r* la diſtance ; *dd* ou *rr* le quarré de la diſtance du corps B au centre de la Terre.

Par la note 7e, $P = \frac{M}{RR}$, & $p = \frac{m}{rr}$; donc $P : p :: \frac{M}{RR} : \frac{m}{rr}$. Donc le poids du corps A : au poids du corps B : : la maſſe du Soleil diviſée par le quarré de ſon rayon : à la maſſe de la Terre diviſée par le quarré de ſon rayon.

La note quatrième nous a déja appris que ſi le Soleil & la Terre étoient homogénes & de la même denſité, l'on auroit la proportion ſuivante $P : p :: R : r$.

(*i*) Cette régle ſe démontre en algébre de la maniere la plus claire. Nommons P le poids du corps A ; R le rayon du Soleil ; D ſa denſité. Nommons encore *p* le poids du corps B, *r* le rayon de la Terre, *d* ſa denſité.

1°. Par la note précédente, l'on dira dans le cas d'une égale denſité, $P : p :: R : r$. Donc dans le cas d'une inégale denſité l'on devra dire $P : p :: R D : rd$.

2°. $P : p :: RD : rd$, donc l'on formera les équations ſuivantes.

$$Prd = pRD$$
$$D : d :: Pr : pR$$
$$D : d :: \frac{Pr}{Rr} : \frac{pR}{Rr}$$
$$D : d :: \frac{P}{R} : \frac{p}{r}$$

Cette dernière proportion prouve à quiconque ſçait les élémens de l'Algébre, que la denſité du Soleil : à la denſité de la Terre : : le poids d'une maſſe quelconque tranſportée ſur la ſurface du Soleil, diviſé par le rayon de cet Aſtre : au poids d'une maſſe égale placée ſur la ſurface de la Terre, diviſé par le rayon terreſtre ; donc en général la denſité d'une Planéte eſt proportionnelle au poids d'une maſſe quelconque tranſportée ſur la ſurface de cette Planéte, diviſé par le rayon de cette même planéte.

LETTRE TROISIÉME.

Principes néceſſaires pour l'explication de l'ellipſe. Force de projection, force centripéte & force centrifuge de tout corps qui décrit une circonférence elliptique. Ellipſes planétaires. Différence qu'il y a entre ces ellipſes & celles qui ſont parfaitement géométriques. Cauſe de cette différence.

LEs 4 queſtions dont je vous ai parlé à la fin de ma dernière lettre, mon cher Chevalier, ſont, il eſt vrai, bien embroüillées, mais elles ſont auſſi bien intéreſſantes. Elles roulent ſur les ellipſes parcourues par les Planétes du premier & du ſecond ordre, les mouvemens de la Lune, le flux & le reflux de la mer, le cours des Cométes. Examinons d'abord dans cette lettre par quel méchaniſme les Planétes parcourent des ellipſes autour d'un foyer commun, ou plutôt examinons d'a-

bord quelle eſt la formation phyſique de l'ellipſe conſidérée en général. Ne craignez pas que j'entre dans des détails minutieux ; je ſçais que vous avez lu les ſections coniques de M. le Marquis de l'Hôpital.

Newton aſſure, à la 25e page de l'opuſcule dont je vous rends compte, que les Planétes du premier ordre parcourent autour du Soleil des orbes elliptiques, en gardant avec aſſez d'exactitude la première loi de Képler. *Circa ſolem hac modo librætum revolvuntur cæteri Planetæ in orbibus ellipticis, &, radiis ad ſolem ductis, deſcribunt areas temporibus proportionales quam proximè.* C'eſt-là s'exprimer d'une manière bien laconique. Je ſçais qu'il a prouvé cette proportion dans cent endroits de ſon livre des Principes ; mais je ſçais auſſi qu'il n'a jamais plus beſoin de Commentaire, que dans ces ſortes d'occaſions. Voyons ſi nous pourrons parler plus clairement que lui. C'eſt ſur l'ellipſe conſidérée en général que j'ai promis de vous entretenir. Je vais, pour me rendre plus

intelligible, poſer auparavant quelques Principes avoués de tous les Méchaniciens.

1°. Tout mouvement qui ſe fait dans la direction du rayon vecteur, ſoit que le corps qui ſe meut, s'approche, ſoit qu'il s'éloigne du centre, s'appelle mouvement *paracentrique*. Si, par-exemple, tandis qu'une main fait tourner la baguette A C (Fig. 1. Pl. 3.) autour du centre C, la bale A qui enfile cette baguette, s'approche peu-à-peu par ſa gravité de ce centre; l'on dira que la bale A eſt comme animée de deux mouvemens, l'un paracentrique & l'autre circulaire.

2°. Une courbe non circulaire peut-être décrite en vertu d'un mouvement paracentrique & de pluſieurs mouvemens circulaires. Telle eſt la courbe A B D, (Fig. 1. Pl. 3.) elle a été décrite par la bale A en vertu des mouvemens circulaires A E, B F, & du mouvement paracentrique de cette bale qui l'a miſe toujours plus près du centre C, en la plaçant d'abord au point B, & enſuite au point D. Dans cette

occaſion le mouvement circulaire a tenu lieu de force de projection, & le mouvement paracentrique de force centripéte.

3°. Les viteſſes circulaires AE, BF ſont en raiſon inverſe des rayons vecteurs de la courbe non circulaire ABD, c'eſt-à-dire, AE : BF :: CD : CB. En voici la démonſtration géométrique. Les arcs AB & BD ſont ſuppoſés parcourus en tems égaux par la bale A; donc, *par la premiére loi de Képler*, les aires triangulaires ABC & BCD ſont égales; donc la hauteur du triangle BCD doit autant l'emporter ſur la hauteur du triangle ABC, que la baſe BC de celui-ci l'emporte ſur la baſe CD de celui-là; donc les triangles ABC & BCD ont leur hauteur en raiſon inverſe de leur baſe. Mais l'arc circulaire AE marque la hauteur du triangle ABC, puiſqu'il eſt perpendiculaire ſur ſa baſe prolongée CB, & qu'étant infiniment petit, il peut être regardé comme une ligne droite. Par la même raiſon l'arc circulaire BF marque la hauteur du trian-

gle B C D. De plus les baſes C B & C D ſont deux véritables rayons vecteurs. Donc les viteſſes circulaires A E, B F ſont en raiſon inverſe des rayons vecteurs de la courbe A B D.

4°. La force centrifuge de la bale A parcourant la courbe A B D, a pour cauſe les viteſſes circulaires A E, B F; puiſque cette bale abandonnée à ſon mouvement paracentrique, bien loin de tendre à s'échapper par les tangentes de la courbe A B D, ſe rendroit au centre C par un mouvement uniformément accéléré.

De ces Principes que je viens de poſer, il ſuit évidemment, mon cher Chevalier, que toute courbe elliptique peut être conſidérée comme formée par un mouvement paracentrique, & par différens mouvemens circulaires qui ſoient en raiſon inverſe des rayons vecteurs de l'ellipſe. Cela n'empêche pas cependant que nous ne puiſſions examiner quelle eſt la force de projection, & quelle eſt la force centripéte de tout corps qui décrit une circonférence elliptique

que ; les Planétes n'en décrivent pas d'autres. Voici quelques Aſſertions qu'il ſeroit difficile de révoquer en doute.

Aſſertion 1. Le corps A (Fig. 2. Pl. 3.) décrit l'ellipſe A B C D en vertu de deux mouvemens, l'un conſtant & uniforme, dirigé ſelon la ligne A H, s'appelle mouvement de projection ; l'autre variable dirigé au foyer F, ſelon la ligne A F, ſe nomme mouvement centripéte. Vous avez dans ma lettre précédente les preuves de cette aſſertion.

Aſſertion 2. Le corps A a reçu, pour décrire l'ellipſe A B C D, moins de mouvement de projection, qu'il n'en auroit reçu, s'il avoit dû décrire le cercle AMRN, dont le centre eſt le foyer F, & le rayon la ligne A F, c'eſt-à-dire, la diſtance de l'aphélie A au foyer F. En effet l'ellipſe A B C D eſt plus courbe que le cercle A M R N ; donc le corps A, qui gravite au point F, ſoit qu'il décrive l'ellipſe, ſoit qu'il décrive le cercle dont nous parlons, doit avoir reçu moins de mouvement

de projection pour décrire la première, qu'il n'en auroit reçu, s'il avoit dû décrire la seconde de ces deux courbes. La conséquence est évidente pour quiconque fait attention que le mouvement de projection est une obstacle à la courbure d'une ligne, de quelque espèce qu'elle soit. L'on a donc raison d'assurer en général que dans toute ellipse la force de projection est moindre, que dans un cercle qui auroit pour centre le foyer de l'ellipse, & pour rayon la distance de l'aphélie à ce même foyer.

De cette seconde Assertion je tire, mon cher Chevalier, deux conséquences que vous m'accorderez sans peine. La première est celle-ci. Si le corps A décrivoit le cercle AMRN, il auroit reçu une viteſſe de projection, suivant la ligne AH, égale à la viteſſe qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon AF, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon (*a*). Donc le corps A décrivant l'ellipse ABCD, doit

avoir reçu une viteſſe de projection moindre que celle qu'il auroit acquiſe en tombant librement ſelon le rayon vecteur A F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon vecteur.

La ſeconde conſéquence ſera auſſi directe que la première. Puiſqu'à l'aphélie A, l'angle H A F, formé par A H, ligne de direction de la force de projection, & par A F, ligne de direction de la force centripéte, eſt un angle droit; l'angle L S F formé par les deux lignes de direction des deux mêmes forces, ſera aigu. Pourquoi? parce que dans l'ellipſe la force centripéte du corps A infléchira plus, au ſecond inſtant, la ligne de direction de la force de projection de ce même corps, qu'elle ne l'auroit infléchie, s'il avoit parcouru le cercle A M R N. Mais ſi le corps A avoit parcouru le cercle A M R N, ſa force centripéte auroit infléchi, au ſecond inſtant, à angle droit la ligne de direction de ſa force de projection, parce que dans tous

les points du cercle la tangente & le rayon forment un angle droit ; donc dans l'ellipſe cette même force centripéte infléchira, au ſecond inſtant, à angle aigu la ligne de direction de la force de projection du corps A ; donc l'angle L S F eſt aigu. Auſſi tous les méchaniciens aſſurent-ils que dans l'ellipſe l'angle formé par les directions des deux forces, eſt droit à l'aphélie & au périhélie, & aigu de l'aphélie au périhélie. Je vous prouverai bientôt que cet angle eſt obtus, du périhélie à l'aphélie.

Aſſertion 3. Le corps A a reçu, pour décrire l'ellipſe A B C D, plus de mouvemens de projection, qu'il n'en auroit reçu, ſi, placé au périhélie C, il avoit du décrire le cercle K T V I qui a pour centre le foyer F, & pour rayon la ligne C F, diſtance du périhélie C au même foyer F. Pourquoi ? parce que l'ellipſe A B C D eſt moins courbe, que le cercle K T V I. Auſſi les Méchaniciens aſſurent-ils que dans toute ellipſe la force de projection eſt plus grande que dans un cercle qui auroit pour

centre le foyer, & pour rayon la distance du périhélie au foyer de l'ellipse.

Les deux conséquences que vous tirerez de cette troisième Assertion, se présentent comme d'elles-mêmes. Voici la première. Si le corps A placé au périhélie C, décrivoit le cercle K T V I, il auroit reçu une vîtesse de projection, suivant la ligne C X, égale à la vîtesse qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon C F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon (*b*). Donc le corps A décrivant l'ellipse A B C D, doit avoir reçu une vîtesse de projection plus grande que celle qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon vecteur C F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon vecteur.

La seconde conséquence est aussi très-immédiate. Puisqu'au périhélie C l'angle F C X est droit, l'angle F V E sera obtus. Pourquoi ? parce que dans l'ellipse la force centripéte du corps A infléchira moins la

ligne V E, ſuivant laquelle eſt dirigée la force de projection, qu'elle ne l'auroit infléchie, ſi ce corps avoit parcouru le cercle K T V I. Mais ſi le corps A placé au point C, avoit parcouru le cercle K T V I, ſa force centripéte auroit infléchi à angle droit la ligne V E, parce que dans tous les points du cercle la tangente & le rayon forment un angle droit; donc dans l'ellipſe cette même force centripéte infléchira à angle obtus la ligne V E; donc l'angle F V E ſera obtus. Auſſi eſt-il sûr que dans l'ellipſe l'angle formé par les directions des deux forces eſt obtus, du périhélie à l'aphélie.

Il y a encore, mon cher Chevalier, une conſéquence générale que vous tirerez de la ſeconde & de la troiſième Aſſertion; c'eſt que les Planétes ne décrivent des ellipſes autour du Soleil d'Occident en Orient, que parce qu'elles ont reçu de la cauſe premiére moins de force de projection, qu'il ne leur en faudroit pour décrire autour du Soleil un cercle qui eût pour rayon leur

distance aphélie, & plus de force de projection, qu'il ne leur en faudroit pour décrire autour du même Astre un cercle qui eût pour rayon leur distance périhélie. Ce *moins* & ce *plus* me font soupçonner que le corps A qui décrit l'ellipse A B C D, a reçu une viteſſe de projection ſelon la ligne A H, à peu près égale à la viteſſe qu'il auroit acquiſe en tombant librement, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié de la ligne AO, c'eſt-à-dire, le quart du grand axe A C.

Aſſertion 4. La force centripéte du corps A décrivant l'ellipſe A B C D, eſt dirigée au foyer F, & elle eſt en raiſon inverſe des quarrés des diſtances à ce même foyer. La preuve de cette aſſertion eſt dans la lettre précédente.

Aſſertion 5. Dans le corps A décrivant l'ellipſe A B C D, la force centrifuge provenant des différens mouvemens circulaires qui ont concouru avec le mouvement paracentrique à former cette ellipſe, eſt en raiſon inverſe des cubes des diſtances au

foyer F, c'eſt-à-dire; des cubes des rayons vecteurs. En effet des vîteſſes en raiſon inverſe des diſtances produiſent une force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances (*c*). Mais les vîteſſes circulaires dont il s'agit ici, ſont en raiſon inverſe des diſtances; comme nous l'avons démontré au commencement de cette lettre (*num. 3.*); donc elles doivent produire dans le corps A, qui décrit l'ellipſe A B C D, une force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances au foyer F, ou des cubes des rayons vecteurs A F, S F, &c. donc le corps A, à une lieuë du foyer F, aura huit fois plus de force centrifuge qu'à 2 lieuës.

De cette cinquième aſſertion vous conclurrez, mon cher Chevalier, que le corps A doit franchir le périhélie C avec toute la facilité poſſible. En effet la force centripéte du corps A augmentant en raiſon inverſe des ſimples quarrés, & ſa force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances au foyer F, cette dernière force doit être terrible au point C; elle *doit*

donc, pour éloigner le corps A du foyer F, le faire monter du périhélie C à l'aphélie A.

Tout ce que je vous ai dit de l'ellipſe conſidérée en général, vous pourriez l'appliquer aux ellipſes planétaires, ſi les Planétes & les Cométes n'exerçoient aucune eſpèce d'attraction les unes ſur les autres. Saturne, par exemple, décriroit une véritable ellipſe autour du Soleil, s'il n'y avoit dans le Firmament que le Soleil & cette Planéte. Mais par combien de Cométes, dans l'eſpace de 30 années, Saturne n'eſt-il pas dérangé ? Combien de fois Jupiter en conjonction avec lui, ne vient-il pas, en l'attirant, augmenter ſa force centripéte vers le Soleil ? Il en eſt à peu près de même des autres Planétes. Voilà pourquoi, *dit Newton*, ces Aſtres ne gardent pas dans toute l'exactitude géométrique la première loi de Képler, *radiis ad ſolem ductis, deſcribunt areas temporibus proportionales quamproximè. Si .... Planetæ cæteri non agerent in ſe invicem, forent orbes elliptici & areæ*

temporibus proportionales exactè.

C'eſt à l'action mutuelle de Planétes les unes ſur les autres, qu'il faut attribuer le mouvement de leurs aphélies. Jupiter, par exemple, dont la groſſeur vous eſt déja connue, ne peut pas ſe trouver entre Mars & Saturne, qu'il ne les attire à lui. Il ne peut pas les attirer à lui, ſans diminuer la gravité du premier vers le Soleil, & ſans augmenter la gravité du ſecond vers le même Aſtre. Il ne peut pas diminuer la gravité, ou la force centripéte de Mars vers le Soleil, que cette Planéte n'arrive plus tard à ſon aphélie; parce qu'un Aſtre n'arrive à ſon aphélie, que lorſque ſa force centripéte a obligé la ligne de direction de la force de projection à faire avec le rayon vecteur un angle droit, d'obtus qu'il étoit un peu auparavant. Je vous ai déja fait remarquer que l'inflexion plus ou moins grande de la ligne de direction de la force de projection, dépendoit du plus ou du moins de force centripéte dans le corps qui ſe meut elliptiquement. Par une

raiſon contraire Jupiter ne peut pas augmenter la force centripéte de Saturne vers le Soleil, ſans obliger cette Planéte à arriver plutôt à ſon aphélie. Auſſi les Aſtronomes ont-ils obſervé que l'aphélie de Mars avoit eu dans l'eſpace de 1561 années un mouvement d'Occident en Orient de 31 degrés, 7 minutes, 34 ſecondes, tandiſque l'aphélie de Saturne en a eu un de 33 minutes d'Orient en Occident dans l'eſpace de 14 ans.

C'eſt à la même cauſe qu'il faut attribuer le mouvement d'Occident en Orient de 25 degrés, 5 minutes que les Aſtronomes ont obſervé dans l'aphélie de Jupiter dans l'eſpace de 1583 ans. Saturne plus éloigné du Soleil, que toutes les autres Planétes, ne peut pas attirer à lui Jupiter, ſans lui cauſer une véritable diminution dans ſa force centripéte ſolaire; il doit donc le faire arriver plus tard à ſon aphélie; il doit donc placer ſon aphélie dans un point plus Oriental de la ſphére; il doit donc enfin communiquer à ſon aphélie un mou-

vement périodique d'Occident en Orient. Je laiſſe aux Aſtronomes à calculer quelle eſt la quantité préciſe dont les aphélies de Saturne, de Jupiter & de Mars ſont dérangés, en vertu de leur attraction mutuelle. Il me ſuffit de vous faire remarquer, mon cher Chevalier, qu'un ſyſtéme dans lequel on explique avec tant d'exactitude les mouvemens preſque inſenſibles des corps céleſtes, ne peut pas être regardé comme un ſyſtéme imaginaire. C'eſt encore dans ce ſeul ſyſtéme que vous expliquerez ſans peine les mouvemens les plus irrégulièrs de la Lune. J'eſpére vous le démontrer dans la première lettre que j'aurai l'honneur de vous écrire, Je ſuis, &c.

Notes pour la troiſième Lettre.

(*a*) Il faut d'abord démontrer que dans un corps qui décrit un cercle, la viteſſe de circulation eſt égale à la viteſſe que ce corps acquerroit, en tombant librement en vertu de ſa peſanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon du cercle qu'il décrit. Pour en venir à bout, je nomme *p* la force centripete du corps

A qui décrit le cercle A D E C, [Fig. 3. Pl. 2.]; u sa viteſſe de circulation; uu le quarré de cette viteſſe; r le rayon Ao; $\frac{r}{2}$ la moitié de ce rayon que le corps A eſt ſuppoſé parcourir par un mouvement uniformément accéléré; t le tems employé à parcourir $\frac{r}{2}$; tt le quarré de ce tems.

Comme il eſt démontré, dans la note 2 de la lettre précédente, que la force centripéte du corps A décrivant le cercle A D E C, eſt égale au quarré de ſa viteſſe de circulation diviſé par le diamétre A C, je puis former les trois équations ſuivantes

$$p = \frac{uu}{2r}$$

$$2pr = uu$$

$$\sqrt{2pr} = u$$

Il s'agit de démontrer maintenant que la viteſſe que le corps A acquerroit, en tombant librement en vertu de ſa peſanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon $Ao = \frac{r}{2}$; il s'agit, dis-je, de démontrer que cette viteſſe $u = \sqrt{2pr}$.

1°. Il eſt démontré dans tous les élémens de Statique que l'eſpace parcouru par un corps grave eſt toujours proportionnel à la force de gravité qui le fait tomber, & au quarré du tems que le corps a

employé à parcourir un certain nombre de pieds. Donc $\frac{r}{2} = p\,t\,t$.

2°. Il eſt encore démontré dans les mêmes élémens que le corps A, après avoir parcouru $\frac{r}{2}$ dans le tems t par un mouvement uniformément accéléré, a acquis une viteſſe capable de lui faire parcourir dans le même t par un mouvement uniforme un eſpace double de $\frac{r}{2}$, c'eſt-à-dire tout le rayon r. Et comme toute viteſſe eſt égale à l'eſpace parcouru diviſé par le tems employé à le parcourir, celle dont il s'agit ſera $u = \frac{r}{t}$. C'eſt de ces deux équations que je tire toute ma démonſtration, c'eſt-à-dire $u = \sqrt{2\,p\,r}$.

1°.

$$\frac{r}{2} = p\,t\,t$$

$$r = 2\,p\,t\,t$$

2°.

$$u = \frac{r}{t}$$

$$u = \frac{2\,p\,t\,t}{t}$$

$$u = 2\,p\,t$$

$$\frac{u}{2\,p} = t$$

$$\frac{u\,u}{4\,p\,p} = t\,t$$

Toutes

Toutes ces équations se forment comme d'elles-mêmes. Si l'on reprend maintenant la première équation $\frac{r}{2} = ptt$, & qu'on substitue au quarré tt la valeur qu'on vient de trouver $\frac{uu}{4pp}$; l'on aura

$$\frac{r}{2} = \frac{puu}{4pp}$$

$$\frac{r}{2} = \frac{uu}{4p}$$

$$r = \frac{uu}{2p}$$

$$2pr = uu$$

$$\sqrt{2pr} = u$$

Donc la vitesse qu'acquerroit le corps A en tombant librement en vertu de sa pesanteur, & en parcourant d'un mouvement accéléré $\frac{r}{2}$ seroit représentée par $\sqrt{2pr}$; donc elle seroit égale à la vitesse de circulation du corps A. Mais la vitesse de circulation du corps A est sensiblement égale à sa vitesse de projection, parce que l'arc infiniment petit AH, ligne de direction de la première, est sensiblement égal à AG, ligne de direction de la seconde; & parce que le corps A abandonné à sa seule force de projection parcourroit AG dans le même tems qu'il a parcouru AH, en vertu des deux forces combinées. Donc la vitesse de circulation du corps A est sen-

ſiblement égale à ſa viteſſe de projection. Donc ſi la viteſſe de circulation d'un corps quelconque eſt égale à la viteſſe qu'il acquerroit en tombant librement en vertu de ſa peſanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon du cercle décrit, ſa viteſſe de projection ſera auſſi égale à la viteſſe qu'il acquerroit, &c.

(*b*) Il faut démontrer que des viteſſes en raiſon inverſe des diſtances, ou des rayons vecteurs, produiſent des forces centrifuges en raiſon inverſe des cubes des diſtances, ou des cubes des rayons vecteurs. Voici les équations qui forment cette démonſtration.

$$u : V :: R : r$$
$$uu : VV :: RR : rr$$
$$uurr = VVRR$$
$$\frac{uurr}{r} = \frac{VVRRR}{R}$$
$$\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: RRR : rrr$$

Donc dans l'ellipſe les forces exprimées par $\frac{uu}{r}$ & par $\frac{VV}{R}$ ſont en raiſon inverſe des cubes des rayons vecteurs. Mais $\frac{uu}{r}$ & $\frac{VV}{R}$ marquent des forces centrifuges circulaires, comme il eſt démontré dans la note a^e de la lettre précédente; donc dans

l'ellipſe les forces centrifuges circulaires, c'eſt-à-dire, les forces centrifuges provenant des différentes viteſſes circulaires qui ont concouru avec le mouvement paracentrique à former l'ellipſe, ſont en raiſon inverſe des cubes des rayons vecteurs de cette ellipſe.

LETTRE QUATRIÉME.

Cauſe des irrégularités dans le mouvement elliptique de la Lune, conſidéré en général. Augmentation de peſanteur dans la Lune placée aux quadratures. Diminution de peſanteur dans cet Aſtre placé aux Sizygies. Mouvement de l'Apogée de la Lune. Courbure différente dans ſon orbite. Mouvement des Nœuds de l'orbite lunaire Préceſſion des Équinoxes cauſée principalement par la Lune.

SI la Lune étoit le ſeul Aſtre qui roulât ſur nos têtes, elle décriroit, mon cher Chevalier, d'Occident en Orient, dans l'eſpace de 27 jours, 7 heures & 43 minutes, une ellipſe immobile & réguliére au foyer de laquelle ſe trouveroit le globe que nous habitons; & elle garderoit avec l'exactitude la plus géométrique la première loi de Képler. Mais ſi, dans le tems que la Lune eſt attirée par la Ter-

re, elle eſt encore attirée par le Soleil ; alors cet Aſtre ſera dérangé dans ſon cours périodique, & il ſera ſujet à des variations qu'on n'avoit jamais bien expliquées avant Newton, parce qu'on n'avoit pas fait attention à ce que le Phyſicien Anglois appelle *Force perturbatrice de la Lune.* Cette heureuſe découverte a fait entrer M. de Fontenelle dans une eſpèce d'extaſe. La Lune, *dit-il dans l'éloge hiſtorique que nous avons déja cité ſi ſouvent*, eſt la moins régulière des Planètes ; elle échape aſſez ſouvent aux tables les plus exactes, & elle fait des écarts dont on ne connoit point les Principes. Juſqu'à Newton, elle ne s'étoit point laiſſée aſſujettir au frein des calculs, & elle n'avoit été domptée par aucun Aſtronome. Mais elle l'eſt enfin dans le ſyſtéme de l'attraction mutuelle des corps. Toutes les bizareries de ſon cours y deviennent d'une néceſſité qui les fait prédire, & il eſt difficile qu'un ſyſtéme où elles prennent cette forme, ne ſoit qu'un ſyſtéme heureux, ſur-tout ſi on ne le regarde

que comme une petite partie d'un *Tout*, qui embraſſe avec le même ſuccès une infinité d'autres explications. Celle du flux & du reflux s'offre ſi naturellement par l'action de la Lune ſur les mers, combinée avec celle du Soleil, que ce merveilleux phénoméne ſemble en être dégradé. Mais laiſſons, mon cher Chevalier, le flux & le reflux pour le ſujet de la lettre ſuivante; ne parlons dans celle-ci que des irrégularités cauſées dans le mouvement de la Lune par l'attraction que le Soleil exerce ſur cet Aſtre. Les principales ſont le mouvement de l'Apogée de la lune, celui de ſes nœuds, & la figure irrégulière de ſon orbite. Ce ſont celles-là préciſément que je prétends vous expliquer dans cette lettre. Il n'eſt pas néceſſaire de vous rappeller que la Lune eſt à ſon Apogée, lorſqu'elle eſt dans ſon plus grand éloignement de la Terre, & qu'elle eſt à ſon Périgée, lorſqu'elle eſt dans ſa moindre diſtance de nous. Il ſeroit encore plus inutile de vous dire que l'orbite lunaire for-

me avec l'Ecliptique un angle de 5 degrés & quelques minutes ; & que les deux points où cette orbite coupe l'Ecliptique, s'appellent les nœuds de la Lune. Ce ſont-là des notions enfantines ; venons au fait.

Dans la Figure 4 de la Planche 3, le Soleil ſe trouve au point S, & la Terre au point T, autour de laquelle la Lune tourne dans l'orbite C Q O *q*. La Lune au point C eſt en conjonction ; au point Q, dans ſa première quadrature ; au point O, en oppoſition ; au point *q*, dans ſa ſeconde quadrature avec le Soleil. Les points C & O de la conjonction & de l'oppoſition, s'appellent les Sizygies ; les points Q & *q* ſe nomment les quadratures de la Lune. Voilà ce que vous ſçavez depuis long-tems, mais voici peut-être ce que vous ne ſçavez pas encore.

Le Soleil attire par la ligne SQ la Lune placée au point Q. Cette action oblique ſe décompoſe en 2 actions, l'une perpendiculaire ſelon la ligne VQ, l'autre horizontale ſelon la ligne Q T. La pre-

mière de ces deux actions n'augmente ni ne diminue la pesanteur de la Lune à l'égard de la Terre ; parce que par cette action la lune est autant attirée par le Soleil que le centre de la Terre T, & qu'elle est attirée par cet Astre dans la même direction que ce centre. Il n'en est pas ainsi de l'action horizontale Q T ; par cette action la Lune est comme pressée vers le centre de la Terre T. La même chose arrive, lorsqu'elle est au point *q*. Aussi les Astronomes assurent-ils que l'attraction du Soleil sur la Lune en quadrature, augmente très sensiblement la pesanteur de ce satellite à l'égard de la Terre. Newton a calculé que cette augmentation étoit d'une 178e partie (*a*) de la pesanteur naturelle de la Lune vers la Terre.

Le Soleil attire plus la Lune placée au point C, que la Terre placée au point T, parce que l'attraction suit la raison inverse des quarrés des distances ; aussi cet excès d'attraction diminue-t-il la pesanteur de la Lune vers la Terre, lorsque ce

ſatellite eſt en conjonction avec le Soleil. Il en eſt de même, lorſqu'il eſt en oppoſition avec cet Aſtre, parce qu'alors la Terre plus attirée que la Lune, eſt comme arrachée à ſon ſatellite. Or l'effet doit être le même, ſoit que le Soleil tâche d'arracher la Lune à la Terre, ou la Terre à la Lune. Newton a calculé que cette diminution étoit d'une 89 partie (*b*), c'eſt-à-dire, que la diminution de peſanteur de la Lune dans les Sizygies étoit double de ſon augmentation dans les quadratures.

Reliſez maintenant, mon cher Chevalier, ce que je vous ai dit à la fin de ma dernière lettre, ſur la mobilité des Aphélies de Saturne, de Jupiter & de Mars. Appliquez-le à la mobilité de l'Apogée de la Lune; vous tirerez ſans peine les conſéquences ſuivantes.

1°. Lorſque la lune ſe trouve en même tems à ſon Apogée, & dans l'une de ſes ſizygies, cet Apogée doit être placé à un point plus oriental de la ſphére, c'eſt-à-dire, doit avoir un mouvement d'Occident

en Orient, Il doit au contraire être placé dans un point plus Occidental, & avoir par là même un mouvement d'Orient en Occident, lorſqu'il arrive dans le tems des quadratures. Mais comme la diminution de peſanteur de la lune dans les ſizygies eſt double de ſon augmentation dans les quadratures, l'Apogée lunaire a un mouvement d'Occident en Orient qui lui fait parcourir environ 3 degrés dans chacune de ſes révolutions. Je ne prétends pas dire par-là que l'Apogée de la lune parcoure chaque mois trois degrés céleſtes ſelon l'ordre des ſignes, puiſqu'il y a certains mois où il ſe meut contre l'ordre des ſignes. Je prétends ſeulement avancer que, ſi l'on obſerve cet Apogée après un certain nombre de révolutions, par exemple, après un intervalle de 12 mois, l'on trouvera qu'il a eu un mouvement d'Occident en Orient ſelon l'ordre des ſignes d'environ 36 degrès; ce qui donne environ 3 degrés pour chaque révolution lunaire.

2°. Ce que je vous ai dit des ſizygies,

doit s'appliquer aux points de l'orbite de la Lune qui ſont plus près des ſizygies, que des quadratures. De même ce que je vous ai dit des quadratures, vous l'appliquerez aux points qui ſont plus près des quadratures que des Sizygies.

3°. L'orbite lunaire doit être plus courbe, ou plus allongée dans les quadratures, que dans les ſizygies, parce que la Lune a plus de force centripéte dans celles-là, que dans celles-ci. Par la même raiſon cette orbite doit être moins courbe, ou plus applatie dans les ſizygies, que dans les quadratures.

4°. Comme le Soleil paroit toujours dans l'Ecliptique, & que la Lune ne s'y trouve que 2 fois chaque mois; il eſt évident que l'attraction ſolaire doit porter continuellement la Lune vers l'Ecliptique. Elle doit donc l'obliger à traverſer plutôt l'Ecliptique, qu'elle ne la traverſeroit, ſi elle décrivoit autour de la Terre une orbite immobile & régulière. Ce paſſage doit donc ſe faire dans un point plus occidental de

la ſphére, parce que le mouvement périodique de la Lune eſt d'Occident en Orient. Mais c'eſt dans ce paſſage que ſont placés les nœuds de l'orbite lunaire; donc l'attraction que le Soleil exerce ſur la Lune, doit communiquer aux nœuds de ſon orbite un mouvement d'Orient en Occident. Auſſi les Aſtronomes obſervent-t-ils que ces nœuds font une révolution contre l'ordre des ſignes dans l'eſpace de 19 années.

5°. Si vous vous rappellez maintenant, mon cher Chevalier, que la Terre applatie vers ſes poles, eſt comme entourée à ſon équateur d'une eſpèce d'anneau de quelques lieües de hauteur, qui forme avec l'Ecliptique un angle de 23 degrés & demi; vous ne ſerez pas ſurpris que le Soleil attirant plus cet anneau que le reſte de la Terre, le porte continuellement vers l'Ecliptique, & communique par là même à l'axe terreſtre un mouvement périodique d'Orient en Occident. La Lune qui n'eſt, pour ainſi dire, qu'à quelques pas de nous, a encore plus de part à cet ef-

fet. Newton a calculé que l'attraction que le Soleil exerce sur l'anneau dont nous parlons, ne faisoit mouvoir l'axe terrestre autour des poles de l'Ecliptique, que de 9 secondes, 7 tierces par année; tandisque l'attraction lunaire le fait mouvoir de 40 secondes, 52 tierces, & 52 quartes par année. On peut s'en rapporter sans crainte aux opérations du plus grand calculateur que le Monde ait encore produit. Ce cercle que l'axe de la Terre décrit autour des poles de l'Ecliptique, ne s'acheve que dans l'espace de vingt cinq mille, neuf cent vingt années; & il cause dans les Etoiles fixes autour des mêmes poles, un mouvement apparent d'Occident en Orient. c'est ce mouvement apparent qui ne fait plus paroitre les deux constellations d'*Aries* & de *Libra* aux points d'intersection de l'équateur avec l'Ecliptique, comme elles paroissoient 330 années avant la naissance du Messie; & c'est ce déplacement qui produit la précession des équinoxes, c'est-à-dire, qui nous donne le commencement

du Printems, & le commencement de l'Automne environ un mois avant que le Soleil paroiſſe ſous les conſtellations d'*Aries* & de *Libra*. Non, mon cher Chevalier, il n'eſt que le véritable Siſtéme du monde qui puiſſe fournir des explications auſſi claires, & auſſi juſtes des plus difficiles phénoménes de la Nature. J'entre, je vous l'avoue, dans une eſpèce d'extaſe, lorſque je penſe aux découvertes de Newton. Vous y entrerez, j'en ſuis ſur, lorſque vous verrez de quelle manière il explique le flux & le reflux de la Mer. Je vous l'apprendrai dans la lettre ſuivante. Je ſuis, &c.

Notes pour la Lettre quatrième.

(*a*) L'attraction du Soleil ſur la lune placée au point Q (Fig. 4. Pl. 3.), augmente d'une 178e partie la peſanteur naturelle de ce ſatellite vers la Terre. En voici la démonſtration.

1°. Si l'on fait le rayon du grand orbe de 1000 parties égales, l'on aura T S, diſtance de la Terre au Soleil, = 1000. L'on aura encore Q T, diſtance de la Lune au centre de la Terre, = 3.

2°. La Terre emploie 365 jours, 6 heures, 9

minutes, 14 secondes à faire sa révolution autour du Soleil, & la Lune n'emploie que 27 jours, 7 heures, 43 minutes à faire la sienne autour de la Terre.

3°. Les quarrés de ces deux tems périodiques sont entr'eux, comme 178, 73 est à 1. On peut sans erreur sensible négliger dans cette proportion la fraction décimale $\frac{73}{100}$.

4°. L'on a démontré dans la seconde lettre de ce second livre que la force centripéte de la Terre vers le Soleil : à la force centripéte de la Lune vers la Terre :: $\frac{1000}{178} : \frac{3}{1}$. Mais $\frac{1000}{178} : \frac{3}{1} :: 5 + \frac{110}{178} : 3$; & $5 + \frac{110}{178}$ est à peu près double de 3 ; donc peu s'en faut que la force centripéte de la terre vers le Soleil ne soit double de la force centripéte de la Lune vers la Terre.

5°. Puisque la Terre gravite vers le Soleil selon la ligne T S, & que l'augmentation de pesanteur de la Lune vers la Terre, occasionnée par l'attraction solaire, est dirigée selon la ligne Q T ; l'on pourra dire ; l'augmentation de pesanteur de la lune placée au point Q : à la pesanteur de la Terre vers le Soleil :: Q T : T S. Mais Q T : T S :: 3 : 1000, ou :: 1 : $333\frac{1}{3}$, (*num.* 1.) Donc l'attraction que le Soleil exerce sur la Lune placée au point Q, augmente la

pesanteur de la Lune vers la Terre d'une 333e partie de la pesanteur de la Terre vers le Soleil.

6°. La pesanteur de la terre vers le soleil est presque double de la pesanteur de la lune vers la terre, (*num.* 4.) donc l'attraction que le Soleil exerce sur la Lune placée au point Q, augmente la pesanteur de la Lune vers la Terre d'une 178e partie, ou à peu près car elle l'augmenteroit d'une 166e partie, si la pésanteur de la Terre vers le Soleil étoit préciſément double de la péſanteur de la Lune vers la Terre.

(*b*) L'attraction que le Soleil exerce sur la Lune placée au point C, ou au point O, diminue la pesanteur naturelle de la Lune à l'égard de la Terre d'une 89e, partie. Je le démontre, & je suppoſe la Lune au point ☾ (Fig. 4. Pl. 3.).

1°. Lorſque 2 quantités ne différent que de très peu de choſe, la différence de leurs quarrés eſt double de la différence de leurs racines. *Exemple.* 1 & $1 + \frac{1}{\omega}$ ſont deux quantités qui ne différent que de $\frac{1}{\omega}$, grandeur infiniment petite du premier ordre. Leurs quarrés 1 & $1 + \frac{2}{\omega} + \frac{1}{\omega^2}$ différent de $\frac{2}{\omega} + \frac{1}{\omega^2}$. Mais le terme $\frac{1}{\omega^2}$ vis-à-vis $\frac{2}{\omega}$, doit être compté pour rien, parce que c'eſt une quantité infiniment petite du ſecond ordre, vis-à-vis 2 quantités infiniment petites du premier ordre. Donc les quarrés 2

& $1 + \frac{2}{cc} + \frac{1}{cc^2}$ ne différent que de $\frac{2}{cc}$. Mais leurs racines 1 & $1 + \frac{1}{cc}$ ne différoient que de $\frac{1}{cc}$. Donc lorſque 2 quantités ne différent que de peu de choſe, la différence de leurs quarrés eſt double de la différence de leurs racines.

2°. Dans la Figure 4e de la Planche 3e, les quantités S T & S C différent dans la réalité de très-peu de choſe, parce que l'une repréſente la diſtance du Soleil à la Terre, l'autre la diſtance du Soleil à la Lune; donc la différence de ST^2 à SC^2 ſera double de la différence ST à SC. Mais la différence de S T à S C eſt T C; donc la différence de ST^2 à SC^2 ſera $2TC = CO$.

3°. La force centripéte de la Lune en conjonction vers le Soleil S : à la force centripéte de la Terre au même Soleil S :: $ST^2 : SC^2$, c'eſt-à-dire en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au Soleil S. Donc la différence des quarrés ST^2 & SC^2 marquera l'attraction que le Soleil S exerce ſur la Lune placée en C; elle marquera donc la diminution de peſanteur de la Lune en conjonction à l'égard de la Terre. Mais la différence de ST^2 à $SC^2 = CO$ (*num.* 2.); donc C O repréſente la diminution de peſanteur de la Lune en conjonction à l'égard de la Terre.

4°. Nous avons démontré dans la note précédente (*num.* 5.), que Q T marquoit l'augmentation

de pesanteur de la Lune placée au point Q ; & C Q est évidemment double de Q T. Donc la diminution de pesanteur de la Lune au point C est double de son augmentation au point Q ; donc elle est d'une 89e partie.

5°. On appliquera très-facilement cette démonstration à la Lune placée au point O, parce que S T & S C ne diffèrent pas plus que S O & S T.

LETTRE CINQUIÉME.

Principes abſolument néceſſaires pour pouvoir aſſigner les cauſes phyſiques du flux & du reflux de la mer. Explication des principaux phénoménes que nous fournit cette Queſtion. Calcul par lequel on détermine la quantité d'eau élevée par le Soleil & la quantité d'eau élevée par la Lune. Réponſes à quelques difficultés qui paroiſſent naître des explications de Newton.

NE vous attendez pas, mon cher Chevalier, à recevoir une diſſertation compléte ſur les cauſes & les effets du flux & du reflux de la mer. C'eſt une ſimple lettre que je prétends vous envoyer, & non pas un Ouvrage dans les formes qui demanderoit le travail d'une, ou même de pluſieurs années. Ce que vous recevrez aujourd'hui, n'eſt dans le fond qu'une expoſition critique de ce qu'a dit Newton

ſur ce grand phénoméne dans ſon opuſcule ſur le Syſtéme du monde, depuis la page 30 juſqu'à la page 41. Je crois pouvoir me flatter d'avoir rendu cette fois-ci les penſées de cet Auteur d'une manière très-intelligible. Je vous prie, avant que d'entrer en matière, de bien vous mettre au fait de la Figure 3 de la Planche 3. T repréſente le centre de la Terre ; C Q O *q* ſa ſurface que nous ſuppoſerons pour quelques momens toute couverte des eaux de l'Océan ; C T eſt le rayon & C O le diamétre terreſtre ; L eſt la Lune en conjonction avec le Soleil S, en quadrature avec le Soleil V, & en oppoſition avec le Soleil B. La Lune L eſt nouvelle, ſi l'on ſuppoſe le Soleil au point S ; elle eſt dans ſa premiére quadrature, ſi on le ſuppoſe au point V ; & elle eſt pleine, ſi on le ſuppoſe au point B. Les tems de la nouvelle & de la pleine lune ſe nomment les Sizygies. Les eaux C ſont en conjonction avec la Lune L & le Soleil S ; les eaux Q ſont en quadrature, & les eaux O en oppoſition avec ces

mêmes aſtres. Les eaux Q ſont en conjonction avec le Soleil V, & en quadrature avec la Lune L. Les eaux O ſont en conjonction avec le Soleil B, & en oppoſition avec la Lune L. La Lune L eſt éloignée de 59 rayons terreſtres des eaux C, de 60 du centre T, & de 61 des eaux O. Enfin le Soleil S eſt éloigné des eaux C de 20625 rayons terreſtres, du centre T de 20626, & des eaux O de 20627. Tout ce détail m'a paru néceſſaire pour entrer dans les penſées de Newton. Les Principes ſuivans le ſont encore d'avantage.

1°. La Terre T ſe meut ſur ſon axe d'Occident en Orient dans l'eſpace de 24 heures; Donc les eaux C qui à midi ſont en conjonction avec la Lune L, correſpondront à 6 heures du ſoir au point Q, & par conſéquent ſeront en quadrature avec cet Aſtre. A minuit ces mêmes eaux C correſpondant au point O, ſe trouveront en oppoſition avec la lune L. Par la même raiſon elles ſeront encore en quadrature avec cet Aſtre à 6 heures du matin, par-

ce qu'elles correſpondront alors au point *q*.

2°. L'attraction ſe fait en raiſon directe des maſſes, & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances ; donc le Soleil S & la Lune L attirent plus les eaux C, que le centre de la Terre T ; & ces deux Aſtres attirent plus le centre de la Terre T que les eaux O. Ne parlons pendant quelques momens que de l'attraction de la Lune L, & examinons avec attention quels en ſeront les effets. Il n'eſt pas néceſſaire de faire remarquer qu'il ne s'agit ici que d'une attraction purement relative, & non pas abſolue.

3°. L'action de la Lune L ſur les eaux C, ſur le centre T, & ſur les eaux O eſt une action ſimple, puiſqu'elle leur eſt perpendiculaire. Par cette action, ou plutôt par cette attraction perpendiculaire les eaux C deviennent moins peſantes, puiſque la Lune L faiſant tous ſes efforts pour les enlever, elles gravitent beaucoup moins vers le centre de la Terre T. Il en eſt de même des eaux en oppoſition. La Lune L at-

tirant plus le centre de la Terre T que les eaux O ; elle tâche, pour ainſi dire, de leur arracher ce centre, & elle les empêche par-là même de graviter autant vers lui, qu'elles le feroient ſans cette attraction perpendiculaire.

4°. L'action de la Lune L ſur les eaux Q, eſt une action compoſée, puiſqu'elle leur eſt oblique. Elle ſe décompoſe en 2 actions, l'une perpendiculaire repréſentée par la ligne RQ, l'autre horizontale exprimée par la ligne QT. L'action perpendiculaire de la Lune L ſur les eaux Q eſt comptée pour rien ; elle eſt préciſément égale à celle du même Aſtre ſur le centre T. Il n'en eſt pas ainſi de ſon action horizontale QT. Par cette action les eaux Q ſont comme preſſées vers le centre T, & par-là même elles deviennent plus peſantes, qu'elles ne le feroient ſans cette attraction oblique. Il en eſt de même des eaux *q* ſur leſquelles la Lune L agit de la même manière que ſur les eaux Q. Tout ce que je viens de vous dire de la Lune pla-

cée au point L, doit s'appliquer avec quelque proportion au Soleil placé au point S.

5°. Il y a deux eſpèces de flux, le vrai flux & le flux par communication. Le Siége du premier ſe trouve ſur les mers dont les eaux ſont élevées par l'action du Soleil & de la Lune. Tel eſt l'Océan dont une partie eſt toujours en conjonction, l'autre en oppoſition & les autres en quadrature avec ces aſtres. Le ſecond a ſon ſiége ſur les mers, les fontaines, les rivières & les fleuves qui communiquent directement & librement avec l'Océan, mais dont les eaux ſont ou trop peu étendues pour que le Soleil & la Lune les attirent inégalement, ou poſées trop obliquement par rapport à ces Aſtres, pour en être attirées ſenſiblement.

De ces Principes inconteſtables il ſuit évidemment, mon cher Chevalier, que les Phénoménes du flux & du reflux de la mer doivent ſe rapporter à trois cauſes. La premiere eſt l'attraction rélative que le Soleil & la Lune exercent ſur la Terre, je veux dire, l'attraction que ces Aſtres exercent

cent ſur les eaux en conjonction comparée avec celle qu'ils exercent ſur le centre de notre globe, & ſur les eaux en oppoſition. La ſeconde eſt l'action perpendiculaire du Soleil & de la Lune ſur certaines eaux, jointe à l'action oblique des mêmes Aſtres ſur certaines autres. La troiſième eſt le mouvement de la Terre ſur ſon axe dans l'eſpace de 24 heures. En effet les eaux Q & *q* étant preſſées vers le centre de la Terre T par l'action oblique de la Lune L & du Soleil S, elles ſe rendront néceſſairement dans les endroits où elles trouveront le moins de réſiſtance ; donc elles ſe rendront en partie au point C, & en partie au point O où elles trouveront moins de réſiſtance que par tout ailleurs, parce que dans ces deux points l'action perpendiculaire des deux Aſtres L & S a diminué ſenſiblement leur gravité ; donc il doit s'élever aux points C & O deux eſpèces de promontoires liquides, tandiſque la mer ſera ſenſiblement abaiſſée aux points Q & *q* ; donc les Principes que je viens

d'admettre, nous donnent néceſſairement une partie de la mer en flux & une partie en reflux. Voilà, ce me ſemble, par-où Newton auroit dû commencer, s'il eût voulu ſe rendre intelligible. Il me paroit que nous le ſuivrons maintenant ſans peine.

Il nous dit 1°. que la même eau, dans l'eſpace d'un jour lunaire, doit être deux fois en flux & deux fois en reflux. La choſe n'a preſque pas beſoin d'explication. Toute eau en conjonction & en oppoſition avec le Soleil & la Lune, eſt en flux, & toute eau en quadrature avec ces mêmes Aſtres eſt en reflux. Mais à cauſe du mouvement diurne de la Terre, la même eau eſt dans l'eſpace d'un jour lunaire une fois en conjonction, une fois en oppoſition & deux fois en quadrature avec le Soleil & la Lune. Donc, dans l'eſpace d'un jour lunaire, la même eau doit être deux fois en flux & deux fois en reflux. Vous ſçavez, mon cher Chevalier, que le jour lunaire ſurpaſſe de 48 minutes le jour ſolaire. Au reſte ce n'eſt pas ſans raiſon que nous nous

ſervons plutôt des jours lunaires que des jours ſolaires, pour déterminer le tems du flux & celui du reflux ; j'aurai occaſion dans cette lettre même de vous démontrer que la Lune a au moins quatre fois plus de part que le Soleil à ces ſortes de Phénoménes.

Newton dans cet article paroit ſurpris avec raiſon que la plus grande élévation des eaux n'arrive qu'environ 3 heures après que les Aſtres qui l'ont cauſée, ont paſſé par le méridien. Madame du Chaſtelet attribue ce dérangement à l'inertie de l'eau. Cette inertie, dit-elle (*), fait que l'eau ne reçoit pas tout d'un coup le mouvement que les Aſtres lui communiquent, lorſqu'ils ſont au méridien ; elle fait encore qu'elle conſerve pendant quelque tems le mouvement acquis ; donc l'on ne doit commencer à s'appercevoir de l'abbaiſſement de l'eau qu'environ 3 heures après le paſſage des Aſtres par le méridien. Dans

(*) Expoſition abrégée du ſyſtéme de Newton, pages 83 & 84.

les régions où l'on n'a le flux & le reflux que par communication, les Marées, *continue Mr du Chaſtelet*, retardent bien d'avantage, enſorte que ce retardement va quelquefois juſqu'à 12 heures. On a coutume de dire dans ces lieux que la Marée précéde le paſſage de la Lune par le méridien : au port du Havre, par exemple, où la Marée retarde de neuf heures, on croit qu'elle précéde de 3 heures le paſſage de la Lune par le méridien ; mais la vérité eſt que cette Marée eſt l'effet de la précédente culmination. Je reviens à Newton.

Il nous dit 2°. que les plus grands flux arrivent dans le tems de la nouvelle & de la pleine Lune, & les plus petits dans le tems des quadratures. Ces effets ſont encore plus faciles à expliquer que les précédents. Entrons dans le détail. La Lune L, lorſqu'elle eſt nouvelle, ſe trouve ſous le Soleil S ; ces deux Aſtres joignent donc alors leurs forces pour élever les eaux aux points C & O, & pour les abbaiſſer aux points Q & *q* ; donc le flux dont il eſt ici queſ-

tion, eſt produit par la ſomme des forces du Soleil & de la Lune ; donc ce flux doit être un des plus grands. Il en eſt à peu près de même de celui qui arrive au tems de la pleine Lune. Dans ce tems-là la Lune ſe trouve au point L & le Soleil au point B; donc ces deux Aſtres agiſſent alors avec des forces auſſi conſpirantes, que ſi l'un étoit au point L, & l'autre au point S, parce que les eaux en oppoſition s'élévent à peu près à la même hauteur, que les eaux en conjonction ; donc le flux de la pleine Lune eſt auſſi grand que celui de la nouvelle ; donc les plus grands flux arrivent dans le tems des Sizygies. Il n'en eſt pas ainſi des flux qui tombent au tems des quadratures. Ce ſont ſans contredit les deux plus petits flux de chaque mois; pourquoi ? Parce que dans la première quadrature le Soleil placé au point V éleve préciſément les eaux au même endroit où la Lune les abbaiſſe, & qu'il abbaiſſe préciſément les eaux au même endroit où la Lune les éleve ; donc cette eſ-

pèce de flux eſt produit par la différence des forces de la Lune & du Soleil. La même choſe arrive à la ſeconde quadrature ; donc les flux des quadratures ſont les plus petits flux de chaque mois.

Mais le diriez-vous, mon cher Chevalier ; les plus grandes & les plus petites Marées n'arrivent que quelque temps après les Sizygies & les quadratures. Mᵉ du Chaſtelet en trouve la raiſon dans la conſervation du mouvement par l'inertie. Si la mer, *dit-elle* (*), étoit dans un parfait repos quand le Soleil & la Lune agiſſent ſur elle de concert dans les Sizygies pour élever les eaux, elle ne prendroit pas d'abord ſa plus grande vîteſſe, ni par conſéquent ſa plus grande hauteur, mais elle l'acquerroit petit-à-petit : or comme les marées qui précédent les Sizygies ne ſont pas les plus grandes, elles augmentent petit-à-petit, & les eaux n'ont acquis leur plus grande hauteur que quelque tems après que la Lune a paſ-

(*) Expoſition abrégée du ſyſtéme de Newton, page 86.

ſé les Sizygies. Il en eſt de même des plus petites Marées qui ſuivent les quadratures; car le mouvement ſe perd par degré, de même qu'il s'acquiert. Ce Phénoméne a donc la même cauſe que le retardement des plus grandes Marées diurnes ſur le moment du paſſage de l'Aſtre par le Méridien. Newton donne à peu près la même réponſe dans l'opuſcule dont je vous rends compte. Mais comme il paroît dans cet endroit pour le moins auſſi obſcur que par tout ailleurs, j'ai mieux aimé vous rapporter les paroles de Mᵉ du Chaſtelet, que la traduction de celles de Newton. Ce Phyſicien n'a pas manqué de nous faire remarquer que les plus grandes Marées arrivoient dans les Sizygies équinoctiales. La raiſon qu'il en donne ne me plait pas (*a*), quoique Mᵉ du Chaſtelet n'en ait pas apporté d'autre. Mr. l'Abbé Sygorgne en donne une plus claire & plus phyſique. Moins, *dit-il* (*), les eaux de la mer péſent, plus les promontoires d'où naiſſent le flux & le reflux, doivent s'élever; or

(*) Inſtitutions Newtoniennes page 365.

aux nouvelles & pleines lunes des équinoxes, le Soleil & la Lune ſont dans le plan de l'équateur, où la peſanteur des eaux de la mer eſt la plus petite qu'il ſoit poſſible ; donc il faut que ce ſoit aux nouvelles & pleines Lunes des équinoxes qu'arrivent les plus grandes Marées. Par une raiſon contraire les Marées ſont moindres dans les Sizygies ſolſticiales, que dans les équinoxiales. En effet dans les Sizygies ſolſticiales le Soleil & la Lune ſe trouvent dans quelqu'un des tropiques ; ces deux aſtres ont donc alors des eaux plus peſantes à élever, que s'ils étoient dans l'équateur. Donc les Marées doivent être moindres dans les Sizygies ſolſticiales, que dans les Sizygies équinoxiales. Enfin les Marées ſont plus grandes dans les quadratures ſolſticiales, que dans les équinoxiales, parce que dans les premières la Lune qui eſt dans l'équateur, a des eaux plus légéres à élever, que le Soleil qui eſt alors dans un des tropiques ; dans les ſecondes au contraire la Lune ſe trouve dans un des tropi-

ques & le Soleil dans l'équateur. Or comme la Lune a beaucoup plus de part que le Soleil aux Phénoménes du flux & du reflux, c'eſt plutôt la poſition de la Lune, que celle du Soleil qui doit régler la hauteur des Marées.

Newton n'a pas négligé dans ſon calcul la diſtance plus ou moins grande du Soleil & de la Lune à la Terre. C'eſt-là préciſément ce qui l'a engagé à aſſurer que le flux eſt plus grand, lorſque les Aſtres qui le produiſent ſont périgées, que lorſqu'ils ſont apogées. Vous êtes trop au fait des régles de l'attraction, pour me demander une plus ample explication de ce phénoméne. Le Soleil n'eſt jamais plus près de la Terre que pendant l'hyver, & il n'en eſt jamais plus éloigné que pendant l'été; auſſi les plus grand flux précédent-ils plutôt qu'ils ne ſuivent l'équinoxe du printems, & ſuivent-ils plutôt qu'ils ne précédent l'équinoxe d'automne.

Mais vous n'aurez jamais, mon cher Chevalier, qu'une teinture très-légère de la

grande queſtion du flux & du reflux de la mer, lorſque vous n'aurez pas calculé, d'après Newton, la part préciſe qu'ont le Soleil & la Lune à tous les phénoménes qui en dépendent. J'ai fait ce calcul avec toute l'attention dont j'ai été capable; & je puis vous aſſurer que la Lune y a au moins quatre fois plus de part que le Soleil. Dans les mers libres & dans les tems des flux médiocres, celui-ci éleve les eaux à environ 2 pieds, & celle-là à environ 8 pieds de hauteur (*b*). Ici ſans doute vous ne manquerez pas de me demander pourquoi le Soleil attirant beaucoup plus la maſſe totale de la Terre, que la Lune ne l'attire, il arrive cependant qu'il ait ſi peu de part à l'élevation des eaux. Mais rappellez-vous ce que j'ai eu l'honneur de vous dire au commencement de ma lettre, qu'il ne s'agiſſoit pas d'une attraction abſolue, mais d'une attraction purement relative. Le Soleil, & la Lune ne produiſent le flux & le reflux, que parce qu'ils attirent plus les eaux avec leſquelles ils ſont en conjonc-

tion, que le centre de la Terre, & qu'ils attirent plus ce centre que les eaux avec leſquelles ils ſont en oppoſition. Cette différence d'attraction n'eſt preſque pas ſenſible pour le Soleil ; cet Aſtre eſt éloigné des eaux avec leſquelles il eſt en conjonction de 20625 rayons terreſtres, du centre de la Terre de 20626, & des eaux en oppoſition de 20627 ; qu'eſt-ce que 1 vis-à-vis une ſomme auſſi conſidérable ? Mais la différence d'attraction eſt infiniment ſenſible, lorſqu'il s'agit de la Lune. Ce ſatellite n'eſt éloigné des eaux en conjonction que de 59 rayons terreſtres, de 60 du centre de la Terre, & de 61 des eaux en oppoſition. 1 de plus ou de moins ſur une ſomme auſſi modique ne doit pas être négligé ; il doit même produire un aſſez grand trouble ſur la ſurface de la Terre, que nous avons ſuppoſée juſqu'à préſent couverte des eaux de l'Océan. Ne craignez pas cependant que cette force perturbatrice ſoit capable de déranger les oſcillations des pendules ; l'action que le Soleil & la Lune peuvent

avoir ſur ces ſortes de corps, eſt la même pour toutes leurs parties. Il en eſt de même des Fontaines & des Rivières ſituées entre les tropiques ; la maſſe d'eau qu'elles contiennent eſt trop peu conſidérable ; elles ſont elles-mêmes trop peu étendues, pour avoir une de leurs parties en conjonction, l'autre en oppoſition, & les autres en quadrature avec le Soleil & la Lune ; ce n'eſt que par leur communication avec l'Océan, qu'elles peuvent être ſujettes au flux & au reflux.

Je ne vous ai parlé juſqu'à préſent, mon cher Chevalier, que du flux que j'appellerois volontiers direct, c'eſt-à-dire, de celui qui ſe fait dans les mers ſur leſquelles le Soleil & la Lune ſe trouvent directement. Telles ſont les mers ſituées entre les tropiques ; telles ſont encore celles qui ne s'écartent pas des tropiques de plus de 5 degrés. C'eſt dans ces mers que l'action perpendiculaire des deux Aſtres ſur les eaux en conjonction, & leur action oblique ſur les eaux en quadrature donnent 10, quel-

quefois même 12 pieds de flux. Il n'en eſt pas ainſi des mers ſur leſquelles le Soleil & la Lune n'ont jamais une action perpendiculaire. Il s'en faut bien que ces deux Aſtres y faſſent élever les eaux à 10 pieds de hauteur. Entrons ici dans quelque détail. Je ſuppoſe toujours la ſurface de la Terre T, (Fig. 5. Pl. 3) toute couverte d'eau. Je ſuppoſe encore que les eaux de l'Océan ſur leſquelles la Lune L eſt perpendiculaire tout le tems qu'elle décrit ſon orbite, s'étendent du point A au point B. Je ſuppoſe enfin que tel jour elle ſoit perpendiculaire aux eaux C. Je vous ai déjà démontré qu'en vertu de ſon action perpendiculaire ſur les eaux C, & de ſon action oblique ſur les eaux Q & *q*, l'eau devoit dans les mers libres s'élever à environ 10 pieds ſous la Lune. Mais il s'en faut bien que les eaux M ſur leſqu'elles la Lune L ne peut jamais agir perpendiculairement, s'élevent à cette hauteur. L'action oblique L M ſe décompoſe en deux actions, l'une horizontale M N, l'autre perpendiculaire

SM. Par la première les eaux M ſont un peu plus collées contre la Terre, & par-là même ſont un peu plus difficiles à élever, qu'elles ne le ſeroient naturellement. Par la ſeconde elles ſont un peu plus attirées, que le centre de la Terre T, & par conſéquent elles doivent s'élever ſous la Lune. Cette élevation ne doit pas être nulle au point M, parce que l'action perpendiculaire SM ne doit pas être comptée pour rien comme au point Q; mais elle doit être d'autant moindre, que le point M eſt plus près du point Q. Auſſi Newton n'a-t'il pas manqué d'aſſurer que les mers étoient d'autant moins ſujettes au flux, qu'elles étoient plus éloignées de l'équateur. Ne me demandez pas donc pourquoi le flux eſt inſenſible ſur la Méditerranée, la mer Baltique &c. Ces mers, très-éloignées de l'équateur, n'éprouvent de la part du Soleil & de la Lune qu'une action très oblique. D'ailleurs, *dit Mᵉ du Chaſtelet*, ces mers ſont ſi étroites, que chacune de leurs parties ſont élevées & déprimées avec la

même force ; le flux ne doit pas donc y être ſenſible ; car l'eau ne peut s'élever dans un lieu, qu'elle ne s'abbaiſſe dans l'autre. Cette ſçavante Dame veut encore que les vents & les courans qui ſont très conſidérables dans la méditerannée, rendent inſenſibles les flux qu'on devroit remarquer ſur cette mer (*).

Après ce que je viens de dire, vous ſerez ſans doute ſurpris que dans le port de Plymouth en Angleterre, l'eau s'éleve juſqu'à 50 pieds de hauteur ; vous ne manquerez pas de me faire remarquer que ce port eſt très étroit, & qu'il ſe trouve à 50 degrès, 20 minutes de latitude. Mais je vous ferai remarquer à mon tour que ce port n'a le flux que par ſa communication avec l'Océan. Quelque peu d'eau que lui fourniſſe la mer, le flux doit y être fort haut, parce que l'eau doit gagner en hauteur, ce qu'elle n'a pas en largeur. Mr. Euler aſſure dans ſa belle diſſertation ſur le flux & le reflux, que l'Aca-

(*) Expoſition du ſyſtême de Newton, pag. 89.

démie des Sciences de Paris couronna en l'année 1740, il assure, dis-je, (1) que si par malheur les 10, ou 12 pieds d'eau que la Lune & le Soleil élévent dans les mers libres dans le tems du vrai flux, parvenoit dans le tems du vrai reflux jusqu'à nos ports, toutes les Villes maritimes en seroient submergées. Me du Chastelet apporte plusieurs autres causes qui contribuent à rendre les Marées plus grandes vers les côtes qu'en pleine mer. Premierement, *dit-elle* (*), l'eau frappe contre les rivages, ce qui doit par la réaction augmenter sa hauteur. Secondement elle y arrive avec la viteſſe qu'elle avoit dans l'Océan où sa profondeur est très-grande, & elle y arrive en grande quantité, ce qui fait que par la grande résistance que lui opposent les rivages, elle s'éleve beaucoup d'avantage. Enfin quand elle passe par des détroits, sa hauteur augmente beaucoup, parce qu'étant repoussée par les rivages, elle vient

(1) Chapitre 8e.

(*) Exposition du système de Newton, p. 99 & 94.

avec la force qu'elle a acquiſe par l'effort qu'elle a fait pour les inonder. C'eſt pourquoi à Briſtol, à Plimouth, au mont St. Michel, à Avranches &c. l'eau monte à une ſi grande hauteur vers les ſizygies ; ſur ces côtes le rivage eſt plein de ſinuoſités & de bancs de ſable contre leſquels l'eau frappe avec une grande force, & deſquels elle ne peut s'échaper auſſi-tôt qu'elle feroit, ſi le rivage étoit uni. C'eſt ſans doute pour la même raiſon, mon cher Chevalier, que l'eau arrive à certains ports plus tard qu'à certains autres. Vous pouvez aſſurer en général que le flux & le reflux par communication ſont ſujets à de grandes irrégularités ; il y a bien loin de la réalité à la ſuppoſition que j'ai été obligé de faire, lorſque j'ai conſidéré la ſurface de la Terre comme couverte des eaux de la mer. Je ne conſeillerois pas même à quelqu'un qui ne ſeroit pas parfaitement au fait de la carte du Païs de vouloir expliquer phyſiquement toutes ces variations. Newton, par-exemple, auroit-il pu nous parler de

tout ce qui ſe paſſe à Baſtham dans le Royaume de Tunquin, s'il n'avoit pas ſçu que l'eau arrive de l'Océan dans ce port de deux côtés, l'un par la mer de la Chine par un chemin plus droit & plus court entre l'iſle de Leuconie & le rivage de Kanton, & l'autre de la mer des Indes entre la Cochinchine & l'Iſle de Borneo, par un chemin plus long & plus tortueux. L'eau arrive par le premier chemin en 6 heures, & par le ſecond en 12. Or il eſt évident que dans ces ſortes de ports le flux ſera partagé en pluſieurs flux ſucceſſifs, qui auront différens mouvemens, & qui ne reſſembleront pas aux flux ordinaires. Newton remarque encore que les Fleuves que leur communication avec l'Océan rend ſujets au flux & au reflux, n'ont pas auſſi longtems le flux que le reflux, parce que leur cours qui s'oppoſe à l'entrée de l'eau de la mer dans leur lit, en favoriſe par-là même la ſortie. Il nous parle à cette occaſion de la Riviére d'Avone au deſſous de Briſtol, qui a 5 heures de flux ſur

7 de reflux. Voilà, mon cher Chevalier, ce qu'il y a de plus intéreſſant ſur le flux & le reflux dans l'opuſcule de Newton ſur le ſiſtéme du monde. Si vous prenez jamais la peine de lire cet opuſcule, je me flatte que vous ne ſerez pas mécontent de mon travail. Vous comprendrez que cette lettre n'a pas été, comme bien d'autres, l'ouvrage de 3 à 4 jours. Nattendez pas de quelque tems de mes nouvelles; la lettre ſuivante demande encore plus d'étude que toutes celles que j'ai eu l'honneur de vous écrire juſqu'à préſent. Je ſuis, &c.

Notes pour la cinquième Lettre.

(*a*) Voici la raiſon qu'en donne Newton. Je rapporte ſes propres paroles pag. 31. *Pendet etiam effectus utriuſque luminaris ex ipſius declinatione ſeu diſtantiâ ab æquatore. Nam, ſi luminare in polo conſtitueretur, traheret illud ſingulas aquæ partes conſtanter, abſque actionis intenſione & remiſſione; adeoque motûs reciprocationem nullam cieret. Igitur luminaria recedendo ab æquatore polum versùs, effectus ſuos gradatim amittent, & propterea minores ciebunt æſtus in ſizygiis ſolſtitialibus, quàm in æquinoctialibus.*

(*b*) Pour déterminer la part qu'a le Soleil aux phénoménes du flux & du reflux, voici comment je m'y suis pris.

1°. Le Soleil S, (Fig. 4 Pl. 3) augmente d'une 178e partie la pesanteur de la Lune vers la Terre, lorsque la Lune est aux points Q & *q*; comme il est démontré dans la Note *a* de la lettre précédente.

2°. La pesanteur de la Lune placée au point R sur la surface de la Terre T seroit 3600 fois plus grande, que celle qu'elle a au point Q. Donc si au point Q la pesanteur de la Lune vers la terre est représentée par 178, elle seroit représentée au point R par $178 \times 3600 = 640800$.

3°. L'augmentation de pesanteur dans la Lune placée au point Q, occasionnée par l'attraction solaire : à sa pesanteur naturelle :: 1 : 178 (*num* 1); donc l'augmentation de pesanteur dans la Lune placée au point Q : à la pesanteur qu'elle auroit au point R :: 1 : 640800.

4°. L'attraction solaire augmente la pesanteur des eaux placées aux points R & F avec lesquelles cet Astre est en quadrature; comme il est démontré dans cette cinquième lettre.

5°. L'attraction solaire augmente 60 fois plus la pesanteur de la Lune placée au point Q, que la pesanteur des eaux placées au point R. En effet l'augmentation de pesanteur dans la Lune placée

au point Q eſt repréſentée par la ligne Q T, comme l'on a déja vu dans la Note *a* de la lettre précédente, & l'augmentation de peſanteur dans les eaux placées au point R, eſt repréſentée par la ligne R T; mais Q T rayon de l'orbite lunaire, eſt 60 fois plus grand que R T rayon de la terre; donc l'attraction ſolaire augmente 60 fois plus la peſanteur de la Lune placée au point Q, que la peſanteur des eaux placées au point R; donc ſi l'augmentation de peſanteur dans la Lune placée au point Q : à la peſanteur qu'elle auroit au point R : : 1 : : 640800; il s'enſuit évidemment que l'augmentation de peſanteur dans les eaux placées au point R, cauſée par l'attraction ſolaire : à leur peſanteur naturelle : : 1 : $640800 \times 60 = 38448000$.

L'expérience m'a appris que quelques perſonnes accordoient avec peine cette dernière conſéquence; je vais tâcher de la leur rendre ſenſible. N'eſt-il pas vrai que ſi les eaux R étoient au point Q, l'on pourroit faire la proportion ſuivante; l'augmentation de peſanteur dans les eaux placées au point Q : à la peſanteur de ces mêmes eaux placées au point R : : 1 : 640800? N'eſt-il pas encore vrai que l'augmentation de peſanteur dans les eaux placées au point R eſt 60 fois moindre que ſi ces eaux étoient placées au point Q? Donc l'augmentation de peſanteur dans les eaux placées au point R : à la peſanteur réelle de ces mêmes eaux : : $\frac{1}{60}$: 640800

Mais $\frac{1}{60}$: 640800 : : 1 : 38448000 ; donc, &c.

6°. L'attraction solaire diminue la pesanteur de la Lune aux points C & O, comme il est démontré dans cette 5e lettre ; & cette diminution de pesanteur est double de l'augmentation aux points Q & *q*. Il en est de même des eaux placées aux points M & N. La diminution de leur pesanteur aux points M & N est double de leur augmentation aux points R & F. Relisez les notes de la lettre précédente.

7°. Le Soleil concourt aux phénoménes du flux & du reflux, non-seulement en augmentant la pesanteur des eaux R & F, mais encore en diminuant celle des eaux M & N. Son action totale est donc représentée par 3, en supposant que la gravité des eaux sur la terre soit exprimée par 38448000. La force totale du Soleil pour troubler les eaux de la mer, ou ce qui revient au même, la part qu'a le Soleil aux phénoménes de flux & du reflux, est donc à la pesanteur des eaux de l'Océan : : 3 : 38448000, ou : : 1 : 12816000.

8°. La force qui a fait changer la Terre, de sphérique qu'elle étoit, en spheroïde applati vers les poles & élevé à l'équateur, cette force, dis-je, a produit sous l'équateur une pesanteur moindre que sous les poles. Cette différence de pesanteur nous est connue. La pesanteur sous l'équateur : à la pesanteur sous les poles : : 201 : 202.

9°. Une action représentée par la fraction $\frac{1}{202}$ a donc fait élever l'équateur de 114408 pieds ; l'on demande de combien fera élever les eaux de la mer l'action du Soleil représentée par la fraction $\frac{1}{12816000}$.

10. Pour le trouver, l'on a fait la proportion suivante ; $\frac{1}{202}$: 114408 pieds : : $\frac{1}{12816000}$: au nombre que l'on cherche. Ce quatrième nombre sera évidemment $\frac{23110416}{12816000}$, c'est-à-dire, environ 2 pieds. Donc le Soleil éleve les eaux de la mer environ à deux pieds de hauteur.

11. Dans les flux médiocres des Sizygies les eaux en pleine mer s'élévent d'environ 10 pieds ; donc la Lune en éleve pour sa part environ 8 ; donc la force de la Lune pour troubler les eaux de la mer : à la force du Soleil :: 4 : 1.

LETTRE SIXIÉME.

Syſtéme de Newton ſur le mouvement des Cométes. Hiſtoire de la Cométe de 1680. Obſervations phyſiques faites par Newton, à l'occaſion des Cométes. Differens ſentimens ſur les queües des Cométes. Sentiment de Newton ſur ce phénoméne. Preuves ſur leſquelles ce ſentiment eſt fondé. Changement de la queüe de la Cométe, tantôt en barbe, taôntt en Chevelure.

NEwton a du vous paroître bien grand, mon cher Chevalier, dans le compte que je vous ai rendu juſqu'à préſent de ſon opuſcule ſur le ſyſtéme du monde. Je ſuis sûr qu'il vous paroitra encore plus grand dans cette dernière lettre. Je dois vous y mettre ſous les yeux ſon fameux ſyſtéme ſur les Cométes. Ne perdons pas le tems en préambules inutiles.

Newton regarde les Cométes comme de véritables Planétes qui tournent dans toute ſorte

ſorte de directions autour du Soleil S (Fig. 6 Pl. 3), dans des ellipſes très-allongées & très-excentriques A D B P E. Elles parcourent ces ſortes d'ellipſes par les mêmes loix que les Planétes ordinaires décrivent les leurs ; & ſi le foyer de celles-ci eſt beaucoup plus près du centre, que le foyer de celles-là, c'eſt que les Cométes, créées dans un point du ciel très-éloigné du Soleil, ont reçu de la cauſe première beaucoup moins de vîteſſe de projection, qu'il ne leur en auroit fallu pour décrire autour de cet Aſtre un cercle qui eut eu pour rayon leur diſtance aphélie. La cométe A, par-exemple, (Fig. 6. Pl. 3), créée au point A, bien au deſſus de l'orbe de Saturne, ne décrit l'ellipſe allongée ADBPE, que parce-qu'elle a reçu beaucoup moins de viteſſe de projection ſuivant la ligne AH, qu'il ne lui en faudroit pour décrire autour du Soleil S un cercle avec le rayon A S, qui repréſente la diſtance aphélie de la cométe. Dans ce Siſtéme je comprens ſans peine pourquoi les cométes ne ſont viſibles ;

que lorſqu'elles ſe trouvent dans la partie inférieure de leur orbite ; la partie ſupérieure A eſt beaucoup plus éloignée de Saturne, que Saturne ne l'eſt de la Terre. Je comprends avec encore plus de facilité pourquoi ces Aſtres ont un mouvement ſi rapide près du Périhélie P, & ſi lent près de l'Aphélie A. Sujets à la première loi de Képler, leur aire près du Périhélie doit gagner en baſe ce qu'elle a perdu en rayon vecteur. Examinez, mon cher Chevalier, la différence qu'il y a entre le rayon vecteur BS, & le rayon vecteur DS ; & vous conviendrez ſans peine qu'une Cométe quelconque, dans une révolution de pluſieurs années, ne doit être viſible que pendant quelques jours, ou tout au plus quelques mois. Je comprens enfin pourquoi, parmi les Cométe, les unes vont de l'Orient à l'Occident, les autres de l'Occident à l'Orient, quelques-unes du Midi au Nord, quelques-autres du Nord au Midi &c. Si, comme les Planétes, elles avoient toutes reçu une force de projection dirigée de

l'Occident à l'Orient; elles auroient toutes eu un mouvement périodique ſelon l'ordre des ſignes. Sans doute le Créateur, pour des raiſons à lui ſeul connues, a *projetté* les unes de l'Orient à l'Occident, les autres de l'Occident à l'Orient &c. Newton, mon cher Chevalier, a propoſé ce beau ſiſtéme en 2 mots. Voici comment il s'exprime au milieu de la page 59. *Verſantur igitur cometæ, toto apparitionis tempore, intrà ſphæram activitatis vis circumſolaris; adeòque agitantur ipſius impulſu, & propterea deſcribunt conicas ſectiones, umbilicos habentes in centro Solis; &, radiis ad Solem ductis, conficiunt areas proportionales temporibus. Nam vis illa in immenſum propagata reget motus corporum longè ultrà orbem Saturni.*

Pour faire adopter ſon ſiſtéme par tous les Phyſiciens raiſonnables, il a dû nous mettre ſous les yeux un très grand nombre de Cométes, qui, dans leur Périhélie, ont été beaucoup plus près du Soleil, que le globe que nous habitons. Auſſi n'a-t-il pas

manqué de faire, à cette occaſion, l'énumération la plus intéreſſante. La Cométe dont il a parlé le plus au long & avec le plus de plaiſir, non-ſeulement dans cet opuſcule, mais encore dans la Propoſition 41 du livre troiſième de ſes Principes, c'eſt la fameuſe Cométe qui parut depuis le 22 décembre 1680, juſqu'au 18 mars 1681. Sa queuë eut en certains tems juſqu'à 90 degrés de longueur. Elle arriva à ſon Périhélie le 8 Décembre, à Midi, 15 minutes, Tems moyen réduit au méridien de l'Obſervatoire de Paris. Elle ne fut ce jour-là éloignée du Soleil que de cent, quatre-vingt trois mille lieuës. Newton prétend, d'après M. Halley, que le grand axe de l'ellipſe de cette Cométe eſt de quatre milliards, cent quarante-huit millions, huit cent ſoixante onze mille lieuës; ſon petit axe, de cinquante-cinq millions, quatre cent, quarante trois mille lieuës; ſon inclinaiſon à l'écliptique, de 61 degrés, 6 minutes, 48 ſecondes; le tems de la révolution périodique de 575 ans; Si tout cela eſt vrai, cette

Cométe a déja été obſervée quatre fois. La première fois qu'on l'obſerva, ce fut au mois de Septembre qui ſuivit la mort de Jules Céſar, c'eſt-à-dire, au mois de Septembre de la 43e année avant la Naiſſance de J. C. On l'obſerva pour la ſeconde fois, l'an 531 de J. C., ſous le Conſulat de Lampadius & d'Oreſte. Elle parut pour la troiſième fois, l'an de J. C. 1106; & pour la quatrième fois, ſur la fin de l'année 1680.

Newton fit, mon cher Chevalier, à l'occaſion de cette Cométe, une foule d'obſervations phyſiques que je ne ſçaurois me diſpenſer de vous rapporter. Si les Cométes, *dit-il*, n'étoient pas de véritables Planétes; ſi elles n'étoient qu'un amas de vapeurs & d'exhalaiſons; la Cométe de 1680 n'auroit-elle pas dû ſe diſſiper dans l'inſtant, lors de ſon paſſage par le Périhélie? En effet la chaleur que le Soleil dut lui communiquer ce jour-là, fut deux mille fois plus grande que celle du fer ardent; faudroit-il une ſi grande chaleur, pour faire diſſiper dans l'inſtant un amas de vapeurs & d'exhalaiſons?

Il conclut delà, en très-bon Phyſicien, que cette Cométe a dû conſerver très long-tems cette chaleur dans ſon plus grand éloignement du Soleil. Voici ſon raiſonnement. Un globe de fer rouge d'un pouce de diamétre, expoſé à l'air pendant une heure, perd à peine toute ſa chaleur ; & un globe d'un plus grand diamétre conſerveroit la ſienne plus long-tems en raiſon de ſon diamétre, parce que ſa ſuperficie, qui eſt la meſure du refroidiſſement par le contact de l'air ambient, eſt moindre dans cette raiſon, eu égard à la quantité de matière chaude qu'il contient. Ainſi un globe de fer rouge égal à la terre, c'eſt-à-dire, un globe de fer rouge d'environ quarante millions de pieds de diamétre, ne ſe réfroidiroit qu'en quarante millions de jours, & par conſéquent à peine ſeroit-il réfroidi en cinquante mille ans. Quelque froid que ſoit le climat où ſe trouve, lors de ſon Aphélie, la Comète dont nous parlons, combien de tems ne doit elle pas conſerver ſa chaleur ? Elle eſt au moins de la groſſeur de la Terre,

puis qu'à la vûe ſimple elle paroiſſoit plus grande, que les étoiles de la première grandeur ; & la chaleur qu'elle a reçue du Soleil a été deux mille fois plus intenſe, que celle du fer ardent. Newton ſoupçonne cependant que la durée de la chaleur n'eſt pas tout-à-fait en raiſon du diamétre du corps échauffé.

Les queuës des Cométes préſentent un trop grand ſpectacle à des yeux phyſiciens, pour que le Philoſophe Anglois n'ait pas fait la deſſus une eſpèce de diſſertation. Il nous dit d'abord qu'il y a trois opinions ſur les queuës des Cométes, celle de ceux qui regardent ces queuës comme l'éclat du Soleil qu'on découvre à travers la tête tranſparente des Cométes ; celle de ceux qui prétendent que ces queuës ſont cauſées par la réfraction de la lumière qui vient de la tête de la Cométe à la Terre ; celle enfin de ceux qui ſuppoſent que ces queuës ſont une eſpèce de vapeur, ou de nuage qui s'éleve de la tête de la Cométe ; qui ſe répand ſans ceſſe dans les régions oppoſées au So-

leil ; & qui réfléchit à nos yeux la lumière de cet Aſtre.

La première de ces opinions eſt inſoutenable. Les Cométes ſont des corps auſſi opaques que la Terre ; comment pourroit-on découvrir, à travers leur tête, l'éclat de la lumière du Soleil. Si la ſeconde opinion étoit vraie, les Planétes auroient des queües, comme les Cométes : ce qui eſt contraire à l'expérience. La troiſième opinion paroit à Newton très-conforme aux loix de la Phyſique. N'eſt-il pas naturel en effet que des vapeurs s'élévent d'un corps opaque qui dans ſon Périhélie ſe trouve pour l'ordinaire très-près du Soleil ? N'eſt-il pas naturel que ces vapeurs réfléchiſſent la lumière ? N'eſt-il pas naturel enfin qu'elles ſe répandent dans les régions oppoſées au Soleil. Auſſi la Cométe nous paroit-elle avec une queuë, lorſqu'elle ſuit le Soleil ; avec une barbe, lorſqu'elle le précéde ; avec une eſpèce de Chevelure lumineuſe qui l'entoure, lorſque l'œil de l'obſervateur ſe trouve entre elle & le Soleil. Tout cela encore une fois me paroit

très physique. Je ne vous cacherai pas, mon cher Chevalier, que je suis très-empressé de sçavoir quelle idée vous vous formez maintenant du grand, de l'immortel Newton. Il y a un tems infini que je n'ai pas reçu de vos nouvelles. J'en attens avec impatience. Je suis, &c.

RÉPONSE DU CHEVALIER.

C'En est fait, Monsieur, pour le reste de mes jours; je ne me fie plus au jugement des personnes qui ont la témérité de prononcer sur des ouvrages qu'ils n'ont jamais été en état de lire. Un jeune Professeur de Philosophie sous lequel j'ai eu le malheur de faire mon cours, ne nous égayoit au dépens de Newton dans la plupart de ses explications, que parce que les cayers qu'il avoit achetés, ne lui en faisoient pas un grand éloge. Tantôt il nous dépeignoit la Physique Newtonienne comme un tas d'énigmes inexplicables; tantôt il prétendoit que Newton n'avoit rendu d'au-

tre ſervice aux ſciences, que celui d'avoir renouvellé les qualités occultes de l'ancienne Ecole. Quel ignorant ; & que les parents ſont à plaindre, lorſqu'ils ont le malheur de confier ce qu'ils ont de plus cher au monde à des Avanturiers de cette eſpèce ! Voilà, Monſieur, ce qui m'avoit donné une eſpèce d'horreur pour la Phyſique de Newton. J'en ſuis, Dieu merci, bien revenu ; je ne vois rien maintenant de plus beau que les loix de l'attraction appliquées aux phénoménes céleſtes. Je vous dirai même que je me ſuis mis à lire avec une eſpèce de fureur ſon fameux ouvrage des *Principes*. Je ſuis maintenant en état de vous rendre compte des *Définitions* & des *Axiomes* qui en ſont comme le fondement & la baſe. Je vais travailler à ma lettre ; je ſuis aſſuré que mon offre ſera acceptée. Je ſuis, &c.

LIVRE TROISIÉME.

De l'Ouvrage de Newton intitulé : Principes Mathématiques de la Philoſophie naturelle.

LETTRE PREMIÉRE.

Idée générale de l'Ouvrage des Principes de la Philoſophie naturelle.

PErſonne n'a encore donné une idée plus noble, plus claire & plus vraie du fameux livre des Principes Mathématiques de la Philoſophie naturelle, que l'élégant Fontenelle dans l'éloge hiſtorique qu'il fit de l'illuſtre Newton, en l'année 1727. Voici, mon cher Chevalier, le précis de ce qu'il dit à cette occaſion. En 1687 Mr. Newton ſe réſolut enfin à ſe dévoiler, & à révéler ce qu'il étoit. Les *Principes Mathématiques de la Philoſophie natu-*

relle parurent. Ce Livre, où la plus profonde Géométrie ſert de baſe à une Phyſique toute nouvelle, n'eut pas d'abord tout l'éclat qu'il méritoit & qu'il devoit avoir un jour. Comme il eſt écrit très ſçavamment, que les paroles y ſont fort épargnées, qu'aſſez ſouvent les conſéquences y naiſſent rapidement des principes, & qu'on eſt obligé de ſuppléer de ſoi-même tout l'entre-deux, il faloit que le public eut le loiſir d'entendre un Ouvrage où les plus grands Géométres ne ſont que trop ſouvent arrêtés. Mais enfin tous les ſuffrages ont éclaté de toute part en ſa faveur, & n'ont formé qu'un cri d'admiration. Tout le monde a été frappé de l'eſprit original qui y brille, & de cet eſprit créateur, qui, dans toute l'étendue du Siécle le plus heureux, ne tombe guères en partage qu'à trois ou quatre hommes pris dans toute l'étendue des Païs ſçavans.

Deux Théories principales dominent dans les *Principes Mathématiques*, celle des forces centrales, & celle de la Réſiſtance des

milieux au mouvement, toutes deux preſque entiérement neuves & traitées ſelon la ſublime Géométrie de l'Auteur.

Tous les corps, ſelon Newton, péſent les uns vers les autres, ou s'attirent en raiſon de leurs maſſes; & quand ils tournent autour d'un centre commun, dont par conſéquent ils ſont attirés, & qu'ils attirent, leurs forces attractives varient dans la raiſon renverſée des quarrés de leurs diſtances à ce centre; & ſi tous enſemble avec leur centre commun tournent autour d'un autre centre commun à eux & à d'autres, ce ſont encore de nouveaux rapports qui font une étrange complication. Ainſi chacun des cinq ſatellites de Saturne péſe ſur les 4 autres, & les 4 autres ſur lui; tous les cinq péſent ſur Saturne, & Saturne ſur eux; le tout enſemble péſe ſur le Soleil, & le Soleil ſur ce Tout. Il en eſt de même de Jupiter & de ſes 4 ſatellites; de la Terre & de la Lune. Quelle Géométrie a été néceſſaire pour débrouiller ce cahos de rapports! il paroit téméraire de l'avoir en-

trepris, & on ne peut voir ſans étonnement que d'une Théorie ſi abſtraite, formée de pluſieurs Théories particulières, toutes très difficiles à manier, il naiſſe néceſſairement des concluſions toujours conformes aux faits établis par l'Aſtronomie; des concluſions qui ſemblent deviner des faits, auſquels les Aſtronomes ne ſe ſeroient pas attendus; tels que ſont les moindres dérangemens dans les mouvemens elliptiques des Planétes du premier ordre, les moindres irrégularités dans le ſatellite de la Terre.

La ſeconde des deux grandes Théories ſur leſquelles roule le livre des *Principes*, eſt celle de la Réſiſtance des Milieux au mouvement, qui doit entrer dans les principaux phénomènes de la Nature, tels que le mouvement des corps céleſtes, la lumière, le ſon. Newton établit à ſon ordinaire ſur une très profonde Géométrie, ce qui doit réſulter de cette réſiſtance, ſelon toutes les cauſes qu'elle peut avoir, la denſité du milieu, la viteſſe du corps mu, la

grandeur de ſa ſurface, & il arrive enfin à des concluſions qui détruiſent les tourbillons de Deſcartes, & renverſent ce grand édifice céleſte, qu'on auroit cru inébranlable. Je vous ai apporté, mon cher Chevalier, dans la réponſe à la lettre 3 du livre troiſième de la vie littéraire de Deſcartes, & dans la 10.e lettre du livre premier de la vie littéraire de Newton les principaux arguments du Philoſophe Anglois contre le Plein Cartéſien. Ces argumens contiennent tout ce que doit ſçavoir un Phyſicien ſur cette matière. Si vous prenez la peine de parcourir la Table du livre des *Principes mathématiques*, vous verrez qu'il n'eſt point de phénoméne intéreſſant dans cet Ouvrage, que je ne vous aie expliqué dans le compte que je viens de vous rendre de l'opuſcule de Newton ſur le Siſtéme du monde. Je ne prétends pas cependant vous empêcher de lire le livre des Principes; j'attends même avec impatience la lettre où vous devez me rendre compte de ce que vous en avez déjà

lu. Je ſouhaite que vous alliez juſqu'au bout. Je ſuis, &c.

LETTRE SECONDE.

Définitions adoptées par Newton au commencement de ſon livre des Principes. Explication de ces Définitions. Scholie ſur la Nature du Tems, de l'Eſpace, du Lieu, & du Mouvement.

LE livre des Principes Mathématiques de la Philoſophie naturelle commence, Monſieur, par huit *Définitions* & par un *Scholie* dont je vais tacher de vous rendre compte dans les deux parties de cette lettre. La plupart des définitions n'ont beſoin ni de commentaire, ni de preuves; tant elles ſont claires & lumineuſes. Les voici.

La quantité de Matière a pour meſure le produit de la denſité par le volume. Cette définition doit s'appliquer à la Maſſe qui n'eſt jamais diſtinguée de la quantité de matière.

La quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par la viteſſe. Le corps A de 10 livres, *par-exemple*, a-t-il 4 degrés de viteſſe, & le corps B de 5 livres n'a-t-il que 2 degrés de viteſſe ? La quantité de mouvement du premier ſera à la quantité de mouvement du ſecond, comme 40 eſt à 10. Voilà, pour le dire en paſſant, la Doctrine de Newton ſur les Forces vives directement oppoſée à celle de Leibnitz ſur la même matière. (*a*)

La Force d'inertie qui réſide dans la matière, eſt le pouvoir qu'elle a de réſiſter au changement d'état. Newton, pour nous faire ſentir que cette Force eſt eſſentielle aux corps, la nomme *vis inſita.* Il ajoute que cette Force eſt toujours proportionnelle à la quantité de matière des corps, c'eſt-à-dire, il nous avertit que plus un corps a de maſſe, plus il ſera difficile de le faire paſſer de l'état de repos à celui de mouvement, ou de l'état de mouvement à celui de repos.

La Force imprimée eſt l'action par laquelle

l'état du corps eſt changé, ſoit que cet état ſoit le repos, ou le mouvement uniforme en ligne droite. Comme cette force eſt extrinſéque au corps, Newton l'appelle *vis impreſſa.* Il nous fait remarquer qu'elle conſiſte uniquement dans l'action ; qu'elle ne ſubſiſte plus, dès que l'action vient à ceſſer ; & que le corps perſévére par ſa ſeule force d'inertie dans le nouvel état dans lequel il ſe trouve.

La Force centripéte eſt celle qui fait tendre les corps vers un centre, ſoit qu'ils ſoient tirés ou pouſſés vers ce centre, ou qu'ils y tendent d'une façon quelconque. La Gravité eſt donc une véritable Force centripéte, puiſqu'elle fait tendre les corps ſublunaires vers le centre de la Terre.

La quantité abſolue de la Force centripéte eſt plus ou moins grande, ſelon l'efficacité de la cauſe qui la propage du centre. Sans cela l'effet ne ſeroit pas proportionnel à ſa cauſe.

La quantité de la Force centripéte accélératrice n'eſt pas diſtinguée de la viteſſe que

reçoit le corps pour tomber. Cette viteſſe s'appelle *accélératrice*, parce que plus un corps s'approche du centre de ſon mouvement, plus grand eſt l'eſpace qu'il parcourt dans un tems donné.

La quantité de la Force centripéte motrice eſt le produit de la viteſſe accélératrice par la maſſe du corps qui tombe, ou qui tend à tomber. C'eſt-là tellement la penſée de Newton, qu'il dit dans l'explication de cette huitième Définition, que la Force centripéte accélératrice eſt à la Force centripéte motrice, ce que la viteſſe eſt au mouvement. Mais la quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par la viteſſe (*définition 2.*); donc la quantité de la Force centripéte motrice doit être le produit de la viteſſe accélératrice par la maſſe du corps qui tombe, ou qui tend à tomber. C'eſt ici que Newton avertit ſon lecteur que, conſidérant les centres comme des points purement mathématiques, il n'a jamais penſé à leur attribuer aucune force réelle, lorſqu'il a dit, pour être plus

court, que les centres attiroient. *Caveat lector ne per hujus-modi voces cogitet me ſpeciem vel modum actionis, cauſamve aut rationem phyſicam alicubi definire, vel centris, quæ ſunt puncta mathematica, vires verè & phyſicè tribuere; ſi forte aut centra trahere, aut vires centrorum eſſe dixero.*

Le Scholie qui doit faire comme la ſeconde partie de cette lettre, ſuit ce ſage avertiſſement. C'eſt une eſpèce de diſſertation métaphyſique ſur le *Tems*, l'*Eſpace*, le *Lieu* & le *Mouvement*. Je me garderai bien de vous en envoyer l'abrégé. Je me rappelle que, dans la vie littéraire de Deſcartes, je fis main baſſe ſur pareilles Queſtions. Vous approuvates ma conduite; & vous ajoutates que les notions dont tout le monde a comme des idées innées, on étoit ſur de les obſcurcir, lorſqu'on vouloit les trop approfondir (*). Je ne ſçaurois cependant m'empêcher de vous faire remarquer que ce que nous appellons *mouvement commun*, Newton le nomme

(*) Tome I. de cet ouvrage pag. 228.

mouvement abſolu ; & ce que nous appellons *mouvement particulier*, Newton le nomme *mouvement relatif.* Nous diſons, *par exemple*, tous les jours qu'un homme qui ſe proméne d'Orient en Occident, ſe meut en même tems & d'Orient en Occident, & d'Occident en Orient ; mais nous ajoutons qu'il ſe meut d'Orient en Occident par un mouvement qui lui eſt propre & particulier, & d'Occident en Orient par un mouvement qui lui eſt commun avec la Terre qui tourne périodiquement autour du Soleil ſelon l'ordre des ſignes du Zodiaque. Newton dans la diſſertation dont nous parlons, nous dit que cet homme ſe meut avec la Terre d'un mouvement abſolu d'Occident en Orient, & qu'il ſe meut ſur la Terre d'un mouvement relatif d'Orient en Occident. C'eſt dire la même choſe en différens termes. Je réſerve pour une ſeconde lettre les remarques que j'ai faites, en liſant les régles du mouvement que donne Newton au commencement de ſon livre des Principes. Je ſuis, &c.

Notes pour la Lettre ſeconde.

(*a*) 1°. La force vive ſuppoſe le mouvement actuel; la force morte ne dit que la tendance au mouvement. La force d'un corps qui tombe eſt donc une force vive, & celle d'un corps qui, ſuſpendu par un fil, tend à tomber, n'eſt qu'une force morte.

2°. M. Leibnitz vouloit que la force vive fut égale au produit de la maſſe par le quarré de la viteſſe actuelle, & que la force morte ne fut égale qu'au produit de la maſſe par la viteſſe diſpoſitive. Dans ce ſiſtéme un corps de deux livres qui tomberoit avec 2 degrés de viteſſe, auroit 8 degrés de force, parce que le quarré de 2 = 4, & que 2 livres de maſſe multipliant 4 donnent 8 de produit.

3°. M. de Mairan a démontré que la meſure de la force vive étoit le produit de la maſſe par la ſimple viteſſe. Voici ſa démonſtration. Je ſuppoſe, *dit-il*, que les corps élaſtiques A & B ſe meuvent directement l'un contre l'autre, le premier avec 3 livres de maſſe & un degré de viteſſe, le ſecond avec 1 livre de maſſe & 3 degrés de viteſſe; ces deux corps, après le choc, réjailliront avec leur ancienne viteſſe; donc aucun des deux n'a été vaincu; donc ils avoient, avant le choc, égale force. Mais dans le ſiſtéme de Leibnitz ils n'ont pas égale force; car la force du corps A = 3 × 1 = 3, & celle du

corps B = 1 × 9 = 9 ; donc le ſiſtéme de Leibnitz eſt faux. Multipliez au contraire la maſſe par la ſimple viteſſe ; vous trouverez égale force dans les corps A & B ; donc la meſure de la force vive n'eſt que le produit de la maſſe par la ſimple viteſſe ; donc la meſure de la force vive eſt la même que celle de la force morte.

LETTRE TROISIÉME.

Régles générales du mouvement. Réflexions ſur la troiſième de ces loix. Corollaires & Scholie dont ces loix ſont ſuivies. Réflexions ſur les Corollaires & ſur le Scholie.

NEwton donne comme Deſcartes, Monſieur, trois régles générales du mouvement. Les voici telles qu'elles ſont dans le livre des Principes.

Tout corps perſévére dans l'état de repos, ou de mouvement uniforme en ligne droite, ſelon qu'il ſe trouve dans l'un ou dans l'autre de ces deux états, à moins que quelque force n'agiſſe ſur lui & ne le contraigne à paſſer du repos au mouvement, ou du mouvement au repos. Je n'ai rien à vous dire ſur cette loi; elle contient les deux premières de Deſcartes, que nous avons admiſes ſans conteſtation, & que nous avons expliquées aſſez au long, Tom. I. pag. 224, 225 & 233.

Les

Les changements qui arrivent dans le mouvement, ſont proportionnels à la Force motrice qui les occaſionne, & ils ſe font dans la ligne droite ſelon laquelle cette force a été imprimée. C'eſt-là la ſeconde Loi de Newton. Elle n'a pas beſoin d'explication; tout le monde ſçait que l'effet eſt proportionnel à ſa cauſe.

La réaction eſt toujours égale & contraire à l'action. Newton, pour nous faire adopter cette loi, nous dit que tout corps qui preſſe, ou tire un autre corps eſt en même tems tiré, ou preſſé lui-même par cet autre corps. Il ajoute que ſi on preſſe une pierre avec le doigt, le doigt eſt preſſé en même tems par la pierre. Il me paroit, Monſieur, que ces deux exemples prouvent ſeulement qu'il n'y a jamais d'*action* ſans *réaction* en ſens contraire; mais je ne vois pas qu'ils prouvent l'égalité entre l'*action* & la *réaction*. Newton a beau dire qu'un cheval qui tire une pierre par le moyen d'une corde, eſt également tiré par la pierre. Je ne le crois pas, puiſque la *réaction* de la pierre céde à l'*action* du cheval. Je voudrois donc, pour rendre

cette loi inconteſtable, l'exprimer de la ſorte : *La réaction eſt toujours égale & contraire à l'action détruite.* Un Cheval, *par-exemple*, qui a 200 de force tirera une pierre qui a 100 de réſiſtance ; mais comment la tirera-t-il ? Avec 100 de force ſeulement ; donc l'*action détruite* eſt 100. Mais la *réaction* de la pierre eſt 100 ; donc la *réaction eſt toujours égale & contraire à l'action détruite.* Newton tire de ces trois loix une foule de Corollaires ; voici le plus intéreſſant.

Un corps pouſſé en même tems horizontalement & perpendiculairement, parcourra une ligne oblique qui ſeroit la diagonale d'un parallélogramme qui auroit pour hauteur la ligne ſuivant laquelle le corps a été pouſſé perpendiculairement, & pour largeur ou pour baſe la ligne ſuivant laquelle ce même corps a été pouſſé horizontalement. Je n'en ſuis pas ſurpris. Tout corps eſſentiellement indifférent à tel ou tel mouvement, doit obéir en même tems à la force qui le pouſſe horizontalement, & à celle qui le pouſſe perpendiculairement ; il doit donc parcourir

une ligne qui ſe trouve entre la direction horizontale, & la direction perpendiculaire. Mais telle eſt la diagonale dont nous parlons ; donc tout corps pouſſé en même tems horizontalement & perpendiculairement, doit parcourir néceſſairement cette diagonale. Il me paroit, Monſieur, que ce Corollaire dépend plutôt de la Force d'inertie dont je vous ai parlé dans la définition 3 de ma lettre précédente, que des loix générales du mouvement.

Dans les 5 autres Corollaires, & dans le Scholie qui les ſuit, Newton donne la plupart des régles du Mouvement qui s'obſervent dans le choc des corps durs, élaſtiques & mous, & l'explication des Machines les plus ſimples de la Méchanique. Je vous avouerai naturellement que je ne l'aurois pas compris, ſi je n'avois pas ſçu toutes ces régles, avant que de commencer à lire ſon Livre. Il ſemble que votre Newton ait affecté de ſe rendre obſcur. Si cela continue ; j'apprendrai la Phyſique Newtonienne dans le compte que vous venez de

me rendre de ſon opuſcule ſur le ſiſtéme du Monde. Il y a 8 à 10 jours que j'étudie la ſection première du livre premier des Principes ; je n'oſe pas vous dire que je n'y entends preſque rien. J'attens avec impatience votre réponſe, avant que de prendre une dernière réſolution. Je ſuis, &c

RÉPONSE

Aux deux Lettres précédentes.

IL n'eſt pas ſurprenant, mon cher Chevalier, que vous ayez eu de la peine à comprendre la ſection première du premier livre des *Principes* ; elle ſuppoſe la ſcience du calcul des fluxions dont je ſçais que vous n'avez aucune idée. Je dois vous en parler dans le livre ſuivant. J'eſpère vous en dire aſſez, pour vous mettre en état de comprendre les Lemmes qui vous ont arrêté pendant ſi long-tems. Vous pouvez, en attendant, relire les deux premiers livres de la vie littéraire de Newton. Je

vous assure que les principaux points de la Physique Newtonienne y sont traités, souvent d'une manière plus détaillée, & toujours d'une manière plus claire que dans le livre des *Principes*. C'est-là ce qui m'engage à ne plus vous parler de cet ouvrage. Je vous inviterai dans quelque tems à en lire un, où Newton sera mis dans le plus grand jour. L'Auteur (c'est le même qui m'a fourni la note *e* de la lettre 2 du livre précédent) est du petit nombre des grands Géométres pour qui les ouvrages du sçavant Anglois n'ont rien de difficile. Je veux cependant, avant que de vous parler du calcul des *Fluxions*, vous dire un mot du Scholie général qui termine le livre des *Principes*. Newton, après nous avoir mis sous les yeux l'arrangement admirable du Soleil, des Planétes & des Cométes, nous fait remarquer que cet arrangement ne peut être que l'ouvrage d'un Être tout puissant & intelligent. Cet Être infini, *dit-il*, gouverne tout, comme le Seigneur de toutes choses. Sa Puissance su-

prême s'étend non-seulement sur des Êtres matériels, mais sur des Êtres pensans qui lui sont soumis ; sur des Êtres dont l'Ame n'a pas des parties successives comme la durée, ni des parties coexistantes comme l'espace. Dieu est présent par-tout, non-seulement *virtuellement*, mais *substantiellement*, car on ne peut agir où l'on n'est pas. Il est tout œil, tout oreille, tout cerveau, tout bras, tout sensation, tout intelligence, & tout action : d'une façon nullement humaine, encore moins corporelle & entièrement inconnuë. Car de même qu'un aveugle n'a pas d'idée des couleurs, ainsi nous n'avons point d'idées de la manière dont l'Être suprême sent & connoit toutes choses. Il n'a point de corps, ni de forme corporelle ; ainsi il ne peut être ni vu, ni touché, ni entendu. Nous avons des idées de ses attributs, mais nous n'en avons aucune de sa substance. Nous le connoissons seulement par ses propriétés & ses attributs, par la structure très sage & très-excellente des choses, & par leurs causes.

finales ; nous l'admirons à cauſe de ſes perfections ; nous le révérons & nous l'adorons à cauſe de ſon empire ; car un Dieu ſans providence, ſans empire, & ſans cauſes finales, ne ſeroit autre choſe que le Deſtin & la Nature. Ainſi parle Newton. Je vous exhorte, mon cher Chevalier, à faire lire cette lettre aux Athées, aux Déiſtes & aux Matérialiſtes dont ce malheureux ſiécle n'eſt que trop fourni. Ils apprendront que leurs Siſtémes impies & extravagants ſont incompatibles avec le véritable Newtonianiſme. Je ſuis, &c.

LIVRE QUATRIÉME.

Du calcul des Fluxions trouvé par Newton, & de quelques opuſcules compoſés par ce Phyſicien.

LETTRE PREMIERE.

Procès entre Newton & Leibnitz au ſujet du calcul infinitéſimal. Idée générale de ce calcul. Principes ſur leſquels il eſt fondé. Application de ce calcul à une propoſition de Géométrie. Lemmes de Newton dont la démonſtration eſt fondée ſur ce même calcul.

PArmi les Ouvrages de Newton dont je vous ai fait l'énumération au commencement de cette vie littéraire, je ne connois, mon cher Chevalier, que celui des *Fluxions* qui ait quelque rapport avec la Phyſique. Le livre des Principes mathéma-

tiques de la Philoſophie naturelle eſt fondé ſur ce calcul ſublime qui n'eſt pas diſtingué du calcul différentiel. Newton trouva cette admirable méthode, en l'année 1669, & 3 ans après il la communiqua aux Sçavans par une lettre qui devint dans la ſuite la principale piéce d'un fameux procès. En l'année 1684, Leibnitz donna, dans les Actes de Leipſick, les régles du calcul différentiel. Keil l'accuſa de les avoir priſes de Newton ; & la Société Royale de Londres, à qui il parut démontré que Leibnitz avoit eu pendant long-tems entre les mains la lettre dont je viens de parler, décida que Keil n'étoit pas un calomniateur, & qu'il avoit eu raiſon de dire que Leibnitz avoit donné ſous d'autres noms & d'autres caractéres le calcul des *Fluxions* inventé par Newton. En effet ce que Newton appelle *Fluente*, Leibnitz l'appelle *integrale*. Ce que le premier nomme *Fluxion*, le ſecond l'appelle *différence infiniment petite*. Ce que celui-là marque par un *point* mis au-deſſus de la lettre qui repréſente

la viteſſe qui a flué, c'eſt-à-dire, qui a augmenté d'une quantité infiniment petite, celui-ci le marque par un *d* mis à côté de la quantité variable qui a augmenté d'une quantité infiniment petite. Ainſi le $\dot{x}$ de Newton ſignifie la même choſe que le dx de Leibnitz. M. de Fontenelle dans ſes Élémens de la Géométrie de l'infini, a ſouſcrit au jugement de la Société Royale de Londres. *Le tems*, dit-il, *étoit arrivé où la Géométrie devoit enfanter le calcul de l'infini. M. Newton trouva le premier ce merveilleux calcul.* En voici, mon cher Chevalier, les notions; elles vous ſerviront à lire ſans peine les Lemmes de la ſection première du livre des Principes dont vous m'avez parlé dans votre dernière lettre.

1°. Dans la Géométrie ordinaire l'on ſuppoſe les grandeurs déjà formées; & pour les connoître, ou plutôt pour connoître leurs rapports, on les compare ou avec leurs parties immédiatement, ou avec d'autres grandeurs de même eſpèce. Dans un triangle, *par-exemple*, la connoiſſance des côtés conduit à la connoiſſance des

angles. C'eſt en plaçant un triangle ſur un autre, qu'on démontre leur égalité, ou leur inégalité &c. Dans la Géométrie ſublime l'on tient une route un peu différente ; l'on a recours à la génération des grandeurs, ou des quantités, c'eſt-à-dire, l'on examine comment telle, ou telle grandeur a été produite, & l'on en déduit les rélations qu'elles ont les unes avec les autres, en comparant les Puiſſances qui ont concouru à leur formation. On ſe repréſente toujours toute quantité finie, comme compoſée d'un nombre infini de parties infiniment petites. On pouſſe bien plus loin la diviſion ; on ſe repréſente un infiniment petit du premier ordre comme compoſé d'un nombre infini de parties infiniment petites appartenant à un infiniment petit du ſecond ordre ; & ainſi des autres ordres d'infiniment petits. Une partie infiniment petite de la grandeur x s'appelle dx, ou $\dot{x}$. La première caractériſtique eſt plus commode que la ſeconde. Les fractions $\frac{1}{\omega}$, $\frac{1}{\omega^2}$, $\frac{1}{\omega^3}$ &c. mar-

quent des infiniment petits du premier, ſecond, troiſième ordre &c.

2°. Une quantité augmentée, ou diminuée de ſa *différence*, c'eſt-à-dire, d'une de ſes parties infiniment petites, eſt ſenſiblement la même. Ainſi $x + dx = x$ & $x - dx = x$. $\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty}$. De même $\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty}$. Ce que je viens de vous dire (*num. 1.*) a du vous préparer, mon cher Chevalier, à cet *axiome*, ou plutôt, à cette *demande* que les commençans n'accordent qu'avec peine, & qui cependant eſt le fondement du calcul différentiel. Wolf (*), pour prouver que l'on a droit de calculer ainſi, nous fait remarquer que l'on regarde comme infiniment exactes les opérations des Géométres & des Aſtronomes qui cependant font tous les jours des omiſſions beaucoup plus conſidérables. Lorſqu'on prend, *dit-il*, la hauteur d'une montagne, fait-on attention à un grain de ſable que le vent

(*) Cours de Mathématique, Tome I. page 218.

peut enlever de deſſus ſon ſommet ? Lorſque les Aſtronomes nous parlent des Étoiles fixes, ne négligent-ils pas le diamétre de la Terre dont la valeur eſt d'environ trois mille lieues ? Lorſqu'ils calculent les éclipſes de Lune, ne regardent-ils pas la Terre comme ſphérique, & par conſéquent ont-ils égard aux maiſons, aux tours, aux montagnes qui ſe trouvent ſur ſa ſurface. Or tout cela eſt beaucoup moins à négliger que dx, puiſqu'il faut un nombre infini de dx pour faire x; donc le calcul différentiel, ou infinitéſimal eſt dans le fond le plus ſur des calculs. *Ut natura infiniteſimarum ritè intelligatur, ad ſequentia animum advertiſſe juvat. Ponamus te dimetiri montis altitudinem; dum verò per dioptras collineas, flatu venti pulviſculum abigi: montis ergò altitudo diametro unius pulviſculi cenſetur imminuta. Enimvero quoniam eadem altitudo montis invenitur, ſive pulviſculum illud vertici adhæreat, ſive abigatur; quantitas ejus diametri in præſente negotio pro nihilo habenda, hoc eſt, infinitè parva exiſtit. Si-*

militer in Aſtronomiâ diameter Telluris reſpectu fixarum habetur pro puncto, ſeu infiniteſima: idem enim obſervaretur motus primus, ſi tellus eſſet punctum individuum. Eodem etiam modo in eclipſibus lunaribus computandis Terra pro ſphærâ perfectâ, conſequenter montium, multòque magis ædium ac turrium altitudines pro infiniteſimis habentur: neque enim aliter nobis appareret umbra Telluris ſuper diſco Lunæ, ſi Terra ſphæra perfecta eſſet. Wolf, pour prouver qu'il peut y avoir des infiniment petits dont les uns ſoient infiniment plus grands que les autres, nous fait remarquer que le diamétre de la Terre, infiniment petit, comparé avec la diſtance qui ſe trouve entre les Étoiles & Nous, eſt comme infiniment grand, ſi on le compte avec la hauteur de nos montagnes ordinaires. *Apparet adeò hinc nomen infiniteſimæ eſſe reſpectivum: involvit nempè relationem ad aliam quantitatem datam, cujus reſpectu infiniteſima dicitur. Exempli gratiâ, diameter Telluris in eclipſibus lunaribus eſt infinitè magna reſpectu altitudinis mon-*

tium; ſed eadem tamen eſt infinitè parva reſpectu diſtantiæ fixarum in ordine ad motum primum. Il n'eſt aucune de ces raiſons qui ne me paroiſſe très-recevable. J'en ai vû cependant de meilleures dans le livre manuſcrit dont je vous ai parlé dans ma lettre précédente; auſſi ne me reſte-t-il maintenant aucun ſcrupule, lorſqu'il m'arrive de n'avoir aucun égard dans le calcul différentiel, ou ailleurs, à quelque quantité infiniment petite, de quelque ordre qu'elle puiſſe être.

Mais il eſt tems, mon cher Chevalier, de vous apporter quelque exemple où l'on ait été obligé de négliger quelque partie infiniment petite d'un *Tout*. En voici un bien ſenſible. L'on me demande de trouver par le calcul infinitéſimal l'aire du triangle rectangle ABE (Fig. 1. Pl. 4); je conſidére la ligne BE comme infiniment près de la ligne CD, & par conſéquent le trapeze BCDE ſera une partie infiniment petite de l'aire triangulaire CAD. Dans le trapeze BCDE, je néglige le petit trian-

gle DME; ce n'eſt qu'un infiniment petit du ſecond ordre, puiſque c'eſt une partie d'un infiniment petit du premier ordre. Je nomme AB, a; BE, b; CD, y, AC, x; CB, élément différentiel de AC, ſera dx. Pour avoir l'aire du rectangle infiniment petit BCDM, je multiplie la baſe CD par la hauteur CB; ce qui me donne ydx. Il eſt démontré dans les élémens d'Euclide (*) que AB : BE :: AC : CD, parce que les deux triangles ABE & ACD ſont équiangles; donc $a : b :: x : y$; donc $ay = bx$; donc $y = \frac{bx}{a}$; donc ſi l'aire du rectangle BCDM eſt ydx, elle ſera $\frac{bxdx}{a}$. L'intégrale de $\frac{bxdx}{a}$ eſt $\frac{bxx}{2a}$ qui donne l'aire du triangle CAD. Mais le point C étant infiniment près du point B, l'on aura AC = AB; donc l'on aura $x = a$, & $\frac{bxx}{2a} = \frac{baa}{2a} = \frac{ba}{2} = b \times \frac{a}{2}$; donc, malgré les deux omiſſions que l'on a été obligé de faire, l'on aura, par le cal-

(*) Livre 6. Prop. 4.

cul infinitéſimal, comme par la Géométrie ordinaire, l'aire du triangle A B E, en multipliant ſa baſe B E par la moitié de ſa hauteur A B; nouvelle preuve que ces ſortes d'omiſſions ne tirent pas à conſéquence.

3°. En Géométrie les quantités ſont ſuppoſées accrues, ou diminuées, ou totalement produites par le mouvement, ou par une *fluxion* analogue au mouvement. Cette fluxion ne peut être que la vîteſſe, ou cette puiſſance qui fait parcourir au mobile un certain eſpace dans un certain tems. Les lignes ſont conçues produites par le mouvement des points; les ſurfaces par le mouvement des lignes; & les ſolides par le mouvement des ſurfaces. On dit, *par exemple*, qu'une ligne droite a été décrite par un point qui s'eſt mû dans la même direction avec telle ou telle vîteſſe; la ſurface d'un rectangle par le mouvement d'une ligne droite qui s'eſt mue parallélement à elle-même; & un cube par le mouvement d'une ſurface qui s'eſt mue à ſon tour parallélement à elle-même.

4°. Il y a deux manières de concevoir comment un angle a été formé. D'abord il peut avoir été produit par deux points qui ſont partis du même endroit, & qui, en s'écartant toujours l'un de l'autre, ont décrit chacun une ligne droite; ou bien par deux points qui, après avoir produit chacun une ligne droite, ſont enſuite venus ſe réunir à un endroit que l'on appelle le ſommet de l'angle. La première fluxion de deux points qui partent du même endroit pour former un angle, en s'éloignant l'un de l'autre, s'appelle la *première raiſon*. La dernière fluxion de deux points qui viennent par différens chemins au même endroit, pour y former un angle, ſe nomme la *dernière raiſon*. La méthode des *premières & dernières raiſons*, ou des premiers & derniers rapports dont parle Newton dans la ſection première du livre premier de ſon livre des Principes, n'eſt donc dans toute la rigueur des termes que la méthode des fluxions, ou le calcul infinitéſimal. Avec ces notions il me paroit, mon

cher Chevalier, qu'il ne vous ſera pas difficile de comprendre les Lemmes qui forment cette première ſection. Les voici.

Lemme I. Les quantités & les raiſons des quantités qui tendent continuellement à devenir égales pendant un tems fini, & qui avant la fin de ce tems approchent tellement de l'égalité, que leur difference eſt plus petite qu'aucune différence donnée, deviennent à la fin égales. Je le comprens bien; puis qu'avant que de les ſuppoſer égales, on ſuppoſe qu'elles ne diffèrent que d'une quantité infiniment petite.

Lemme 2. Si dans une figure quelconque A *a c* E (Fig. 2. Pl. 4.), *compriſe entre les lignes droites* A *a*, A E, *& la courbe a c* E, *on inſcrit un nombre quelconque de parallélogrammes* A K *b* B, B L *c* C, C M *d* D *&c. compris ſous les baſes égales* A B, B C, C D *&c., & ſous les côtés* B *b*, C *c*, D *d &c. paralléles au côté* A *a de la figure; & qu'on achéve les parallélogrammes a* K *b l*, *b* L *c m*, *c* M *d n &c. qu'on diminue enſuite la largeur de ces parallélogrammes, & qu'on aug-*

mente leur nombre à l'infini: les dernières raiſone qu'auront entr'elles la figure inſcrite A K *b* L *c* M *d* D, *la circonſcrite* A *a l b m c n d o* E, *& la curviligne* A *a b c d* E, *ſeront des raiſons d'égalité.* Cela ſaute aux yeux, puiſque ces figures ne différeront que par des triangles infiniment petits, que l'on peut auſſi bien négliger, que nous avons négligé le triangle D M E, lorſque nous avons méſuré l'aire du triangle A B E, (Fig. 1. Pl. 4.).

Lemme III. Les dernières raiſons de ces mêmes figures ſeront encore des raiſons d'égalité, quoique les baſes A B, B C, C D, &c. des parallélogrammes ſoient inégales, pourvu qu'elles diminuent toutes à l'infini. Ce Lemme eſt un corollaire du précédent, & de l'Axiome dont je vous ai parlé (*num.* 2)

Lemme IV. Si dans deux figures A *a c* E, P *p r* T, (Fig. 2 & 3, Pl. 4), *on inſcrit, comme ci-deſſus, deux ſuites de parallélogrammes, dont le nombre ſoit le même, & que lorſque leurs largeurs diminuent à l'infini, les dernières raiſons des parallélogram-*

mes de l'une des figures aux parallélogrammes de l'autre, chacun à chacun, ſoient les mêmes; ces deux figures A *a c* E, P *p r* T, *ſeront entr'elles dans cette même raiſon*, c'eſt-à-dire, ſeront égales, puiſque leurs aires contiendront un nombre égal de parallélogrammes égaux.

Lemme V. Tous les côtés homologues des figures ſemblables ſont proportionnels, tant dans les figures curvilignes, que dans les rectilignes, & leurs aires ſont en raiſon doublée de ces côtés, c'eſt-à-dire, comme les quarrés de ces côtés. Ce ſont-là les premiers élémens de la plus ſimple Géométrie. Voyez le livre 6 des élémens d'Euclide.

Lemme VI. Si un arc de cercle A *c* B, (Fig. 4 Pl. 4) *donné de poſition, eſt ſoutenu par la corde* A B, *& qu'au point* A *placé au milieu de ſa courbure continue, il ſoit touché par une ligne droite* A D *prolongée des deux côtés, & que les points* A & B *s'approchent l'un de l'autre juſqu'à ce qu'ils coincident; l'angle* B A D, *compris ſous la*

tangente & la corde, diminuera à l'infini, & s'évanouira à la fin. Apparemment Newton ſuppoſe que l'arc A *c* B n'eſt pas le ſeul à s'évanouir, mais que la corde AB & la tangente AD ſuivent l'exemple de l'arc auquel elles appartiennent; le Lemme ſuivant paroit inſinuer que c'eſt là la penſée de l'Auteur.

Lemme VII. Les mêmes choſes étant poſées, la dernière raiſon qu'ont entr'elles l'arc, la corde & la tangente, eſt la raiſon d'égalité. En effet l'arc, la corde & la tangente ſe trouveront enſemble dans un endroit infiniment petit.

Lemme VIII. Si les lignes droites données AR, BR (Fig. 4 Pl. 4), *l'arc* A *c* B, *la corde* AB, *& la tangente* AD, *forment trois triangles* RAB, RACB, RAD, *& que les points* A & B *s'approchent l'un de l'autre; ces triangles qui s'évanouiront, ſeront à la fin ſemblables, & leur dernière raiſon ſera la raiſon d'égalité.* Une fois que la Tangente AD, l'arc A *c* B, & la corde AB ſe ſeront évanouis, la ligne RD ſera

infiniment près de la ligne RA, de laquelle elle ne différera que d'un infiniment petit; donc non seulement les trois triangles RAB, RAeB & RAD qui s'évanouiront, seront à la fin semblables, mais encore leur dernière raison sera la raison d'égalité.

Lemme IX. Soient données de position la ligne droite AE, *& la courbe* ABC, (Fig. 5. Pl. 4.) *qui se coupent sous un angle donné* A; *& soient menées de cette droite sous un autre angle donné les ordonnées* BD, CE *qui rencontrent la courbe en* B *& en* C; *si l'on suppose ensuite que les points* B *&* C *s'approchent l'un & l'autre continuellement du point* A; *les Aires des triangles* ABD, *&* ACE, *seront à la fin entr'elles en raison doublée des côtés.* En effet les aires des triangles semblables ABD & ACE sont en raison doublée de leurs côtés homologues, *par le Lemme V*; donc en s'évanouissant, ils continueront d'être semblables; donc ils auront encore à la fin leurs aires en raison doublée des côtés.

Lemme X. Les eſpaces qu'une force finie fait parcourir au corps qu'elle preſſe, ſoit que cette force ſoit déterminée & immuable, ſoit qu'elle augmente & & diminue continuellement, ſont dans le commencement du mouvement en raiſon doublée des temps, c'eſt-à-dire, comme les quarrés des tems. Newton le démontre ainſi de la manière la plus claire. Que les lignes AD, AE repréſentent les tems, & les ordonnées DB, EC les viteſſes produites; les eſpaces décrits avec ces viteſſes ſeront comme les aires ABD, ACE qui auroient été décrites par la fluxion de ces ordonnées. Mais, *par le Lemme précédent*, les aires ABD, ACE ſont en raiſon doublée des côtés AD, AE; donc elles ſont en raiſon doublée des tems; donc les eſpaces &c.

Lemme XI. Dans toutes les courbes qui ont une courbure finie au point de contact, la ſoutendante évanouiſſante d'un angle de contact, eſt à la fin en raiſon doublée de la ſoutendante de l'arc qu'elle termine. Par-exemple, $AB^2 : Ab^2 :: DB : db$. (Fig. 6 Pl. 4.)

En

En effet les deux triangles A B G, & A D B ſont équiangles, à cauſe des angles droits B & D, & des angles alternes égaux B A G & D B A; donc, *par propoſition 4e du 6e livre d'Euclide.* L'on aura la proportion ſuivante, A G : A B :: A B : D B ; donc $AB^2 = AG \times DB$, l'on aura par la même voie $Ab^2 = Ag \times db$; donc $AB^2 : Ab^2 :: AG \times DB : Ag \times db$. Mais en s'évanouiſſant A G devient ſenſiblement égal a A *g* ; donc dans l'hypothéſe de Newton, $AB^2 : Ab^2 :: DB : db$.

Voilà, mon cher Chevalier, les 11 fameux Lemmes que le Philoſophe Anglois paroit regarder comme l'Ame de ſon livre des Principes. Je ne blâme pas ſa méthode; mais je vous aſſure que l'on peut, ſans leur ſecours, démontrer ce qu'il y a de plus eſſentiel dans cet ouvrage, & peut-être même plus clairement qu'il ne la fait par le calcul infinitéſimal. Je ne m'en ſuis ſervi qu'une ſeule fois dans le ſecond livre de cette vie littéraire; & cependant j'y ai traité tout ce qu'il y a de plus difficile & de

plus ſublime dans la Phyſique de Newton. C'eſt-là ce qui m'engage à ne pas continuer à vous rendre compte du livre des Principes ; je ſerois abſolument obligé de tomber dans des répetitions ennuyeuſes, ou de dire la même choſe en deux façons. Si vous ſçavez quelque anecdote intéreſſante qui puiſſe entrer dans la vie littéraire de Newton, je vous prie de m'en faire part ; votre lettre terminera le ſecond volume de cet ouvrage. Je ſuis, &c.

LETTRE SECONDE.

Sentiment de Newton sur la nature des Acides, & sur les causes des Fermentations. Critique de ce sentiment. Pensées diverses du même Auteur sur différens sujets de Physique. Réflexions sur ces Pensées.

J'Ai bien des lettres à vous envoyer, Monsieur, avant que d'en venir à celle qui doit terminer la vie littéraire de Newton. Depuis que j'ai renoncé à la lecture de son livre des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle, j'ai lu une foule d'opuscules du même Auteur; vous ne serez pas faché que je vous envoie les extraits de quelques-uns. Je commence par celui qui me paroit le moins intéressant de tous. Il est intitulé *Opusculum XX. Isaaci Newtoni, Dissertatio de Naturâ Acidorum cum ejusdem cogitationibus variis.* Newton définit d'abord les acides des *corpuscules plus massifs que les particules aqueuses, &*

plus déliés que les particules terreſtres. Il leur donne à chacun une attraction active & paſſive des plus fortes, active vis-à-vis les corps qui ſont moindres en maſſe, & paſſive vis à-vis ceux qui ſont plus gros en maſſe qu'eux. Auſſi, *dit-il*, les voit-on s'aſſembler avec impétuoſité autour des pierres, des métaux, des corps les plus durs, s'inſinuer dans leur ſein, les agiter, les diviſer, les mettre en un million de piéces. En un mot Newton prétend que par l'attraction active & paſſive des Acides, l'on explique ſans peine tous les phénoménes que nous préſentent les Fermentations, de quelque eſpèce qu'elles ſoient. Je connois votre manière de penſer, Monſieur; je ſuis perſuadé que, s'il n'eſt pas impoſſible de rapporter tous ces effets à des cauſes immédiates & méchaniques, vous n'aurez pas recours à une attraction qui dans le fond ne ſeroit pas ſi forte, ſi elle ne ſe faiſoit qu'en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, & qui ſeroit inſoutenable, ſi elle ſe faiſoit ſuivant quelqu'autre loi. Pour moi

je me contente de regarder avec tous les Chimiſtes les acides comme des corps roides, longs, pointus, tranchans & tout-à-fait propres à s'inſinuer par une infinité d'endroits dans des eſpèces de guaines, ou de corps poreux & ſpongieux que j'appelle *Alkalis*. Je ſçais que, pour être Phyſicien, il faut déterminer la cauſe qui pouſſe avec une viteſſe preſqu'infinie les uns dans les autres; auſſi vous laiſſé-je le ſoin de faire cette recherche. Je ſuis perſuadé que vous en direz un mot dans votre ſiſtéme mixte. J'en viens aux Penſées différentes de Newton qui terminent ſon opuſcule ſur les Acides. Comme la plûpart ſont originales, je vais vous rapporter les propres paroles de l'Auteur. Vous me permettrez bien de faire des réflexions ſur ſa manière de penſer.

Flamma eſt fumus candens, differtque à fumo, ut ferrum rubens ab ignito, ſed non rubente. Quand même le fait ſeroit vrai, ce que peu de Phyſiciens accorderont, Newton auroit dû nous apprendre ce que c'eſt

qu'une fumée ardente & blanchâtre. Sans cela ſa découverte nous devient inutile.

Calor eſt agitatio partium quaquaverſum. Qui en doute ? Mais il faut en aſſigner la cauſe ; & voilà le difficile. Je vous en charge, & m'en décharge.

Nihil eſt abſolutè quieſcens ſecundum partes ſuas, & ideo frigidum, præter atomos, vacui ſcilicet expertes. Cela eſt vrai. Nos corps froids ne le ſont que vis-à-vis d'autres qui ont en effet plus de chaleur qu'eux.

Terra augetur aquâ in eam converſâ, & omnia in aquam, vi ignis, reduci poſſunt. Je crois que Newton auroit eu bien affaire, ſi on l'avoit prié de changer l'or en eau. Chargeons les Poëtes de faire de pareilles métamorphoſes ; les Phyſiciens n'y entendent rien.

Nitrum abit diſtillatione magnam partem in ſpiritum acidum, relictâ terrâ, quia acidum nitri attrahit phlegma ; & idcircò ſimul aſcendunt, conſtituuntque ſpiritum. At nitrum carbone accenſum magnam partem abit in ſal tartari, quia ignis eo modo ag-

plicatus partes acidi & terræ in ſe ſe impingit, fortiúſque unit. Je voudrois demander aux Chymiſtes ſi le fait eſt vrai ; je ſuis bien ſûr que l'attraction dont parle Newton, n'en eſt pas la cauſe.

Spiritus ardentes ſunt olea cum phlegmate per fermentationem unita. Soit communiqué aux Chymiſtes.

Tinctura cochinellæ cum ſpiritu vini facta, in aquæ magnam molem, parvâ licet doſi totam aquam inficit ; ſcilicet quia particulæ cochinellæ magis attrahuntur ab aquâ, quàm à ſe mutuò. Le fait eſt vrai, mais l'attraction n'y a point de part. L'on a coutume de s'en ſervir pour prouver que la matière a une diviſibilité incompréhenſible. Voici comment on fait cette expérience. On prend un grain de *Carmin* ; c'eſt une fécule, ou une eſpèce de lie très fine que l'on tire par infuſion de la Cochenille & de quelques matières végétales. On délaye ce grain au fond d'un vaſe dans lequel on jette 20 livres d'eau. Dans l'inſtant l'eau eſt teinte. Alors on

fait remarquer que ce grain de Carmin ſe diviſe ſans peine au moins en deux millions de parties. En effet 20 livres d'eau contiennent 184320 grains. Chaque grain d'eau, pour être coloré uniformément, doit contenir au moins 10 à 12 particules de Carmin. Donc le grain de Carmin a été diviſé ſans peine au moins en deux millions de parties. La diviſibilité preſque infinie de la matière ſe prouve en Phyſique par des expériences encore plus frappantes; elles ſeroient ici déplacées.

Aqua non habet magnam vim diſſolvendi, quia pauco acido gaudet. Acidum enim dicimus quod multum attrahit & attrahitur. Videmus nempe ea quæ in aquâ ſolvuntur lentè & ſine efferveſcentiâ ſolvi, & ubi eſt attractio fortis & particulæ menſtrui undique attrahuntur à particulis metalli, vel potius particula metalli undique attrahitur à particulis menſtrui, hæ illam abripiunt & circumſiſtunt, hoc eſt, metallum corrodunt. Hæ eædem particulæ ſenſorio applicatæ ejus partes eodem modo divellunt, dolorem inſe-

runt, à quo acidæ appellantur, relictâ ſcilicet terrâ ſubtili, cui adhærebant, ob majorem attractionem ad liquidum linguæ &c. On reprochoit autrefois à Deſcartes de voir par-tout des tourbillons ; ne pourroit-on pas reprocher à Newton de voir par-tout l'attraction ? Chaque homme a ſa manie ; l'homme ſage eſt pour l'ordinaire celui qui eſt moins fou que les autres.

In omni ſolutione per menſtruum particulæ ſolvendæ magis attrahuntur à partibus menſtrui, quam à ſe mutuò. Je n'entends rien à cette Phyſique. Je ſçais que *Menſtrue* & *Diſſolvant* ſignifient la même choſe ; mais je ne reconnois dans aucun menſtrue aucune attraction active ou paſſive.

In omni fermentatione eſt acidum ſuppreſſum, quoad coagulat præcipitando. M. Lemery, l'un des plus fameux Chymiſtes que la France ait produits, parloit bien plus clairement, lorſqu'il diſoit que *coaguler*, c'étoit donner une conſiſtance aux liquides. Il ajoutoit qu'on leur procure cette con-

sistance, en faisant consumer une partie de leur humidité sur le feu, ou bien en mêlant ensemble des liqueurs de différente nature, dont les parties insensibles s'accrochent les unes aux autres (1).

Oleum cum nimis magnâ mole phlegmatis intimè mixtum, fit salinum quiddam, & sic acetum constituit. Hîc etiam tartari, seu terræ admixtæ habenda est ratio. Je n'avois jamais entendu dire que l'huile pût se changer en vinaigre. Newton a beau l'assurer; je ne l'en croirai pas sur sa parole.

Mercurius attrahitur, id est, corroditur ab acidis, & sicut pondere obstructiones tollit, ita vi attractrice acida infringit. Il me paroit que Newton n'a pas eu cette fois-ci le talent de se faire entendre.

Mercurius est volatilis & facilè elevatur calore, quia ejus particulæ ultimæ compositionis sunt parvæ & facilè separantur, separatæque sese fugiant; ut fit in partibus vaporis, fluidorumque rarefactorum. New-

(1) Cours de Chymie de Léméry commenté par Baron, pag. 34.

ton a raiſon, pourvu qu'il n'attribue pas à des loix de répulſion la fuite des particules dont le mercure eſt compoſé.

Aqua comprimi non poteſt, quia ejus particulæ jam jam ſeſe tangunt. Et ſi ſe tangerent particulæ aëris (nam aër comprimi poteſt, quia ejus particulæ nondum ſe tangunt) aër evaderet in marmor. Il eſt en effet très difficile de comprimer l'eau. M. l'Abbé Nollet (*) remplit d'eau une boule de métal : il la boucha hermétiquement, & il l'appliqua à une très bonne preſſe. Il vint plutôt à bout de faire ſortir la liqueur par les pores du métal, que de la comprimer.

Aurum particulas habet ſe mutuò trahentes. Minimarum ſummæ vocantur primæ compoſitionis; harum ſummarum ſummæ, ſecundæ compoſitionis, &c. C'eſt toujours Newton qui parle ; il n'eſt pas ſurprenant que l'attraction ſoit remiſe ſur le tapis.

Poteſt mercurius, poteſt aqua regia poros pervadere, qui particulas ultimæ compoſitionis interjacent; at non alios. Les premiers

(*) Leçon 2.

pores dont parle ici Newton, ſont les plus grands de tous; eſt-il étonnant qu'ils ſoient pénétrés par l'eau régale, & par les parties élémentaires du mercure?

Si poſſet Menſtruum alios illos pervadere, vel ſi auri partes primæ & ſecundæ compoſitionis poſſent ſeparari, fieret aurum, vel fluidum, vel ſaltem magis malleabile. Si Aurum fermenteſcere poſſet, in aliud quodvis corpus poſſet transformari. Viſciditas eſt vel ſolum defectus fluiditatis quæ ſita eſt in partium parvitate & ſeparabilitate. (Intellige partes ultimæ compoſitionis), vel defectus lubricitatis, ſeu lævoris, partes unius ſuprà alias labi impediens. Hujus viſciditatis acidum ſæpè cauſa eſt; ſæpè ſpiritus alius lubricus terræ junctus; ut oleum terebenthinæ capiti ſuo mortuo redditum fit tenax. Il paroit que Newton ne croyoit pas qu'il fut poſſible de trouver la pierre philoſophale. Je penſe comme lui. Je n'adopte pas cependant ce qu'il dit ſur les cauſes de la fluidité. Vous m'avez déjà fait remarquer

(*) qu'il falloit, pour expliquer cette qualité des corps, avoir recours à l'action du feu. Les causes dont parle Newton, ne sont que de pures conditions.

Ratio cur charta oleo inuncta transitum oleo, non aquæ concedat, est quia aqua oleo non miscetur, sed fugatur ab eo. J'aimerois mieux dire que l'huile & l'eau sont deux fluides hétérogénes.

Cùm acidæ partes, minores scilicet, aliquid dissolvunt, id faciunt, quia partem rei solvendæ includunt undique, ut potè majorem quâlibet acidi partium. Si la chose en valoit la peine, cette dernière pensée de Newton auroit besoin d'un grand commentaire. Le donnera qui voudra. Je suis &c.

(*) Tome I. de cet Ouvrage, page 235.

RÉPONSE

A la Lettre précédente.

VOtre dernière lettre m'a enchanté, mon cher Chevalier. Je ſuis charmé que vous ayez encore bien des choſes à me dire ſur Newton. Si les extraits que vous avez à m'envoyer, ſont dans le goût de celui que je viens de recevoir, les dernières lettres de ce ſecond volume ne ſeront pas ce qu'il y aura de moins intéreſſant dans cette vie littéraire. Je ſçais que Newton a dreſſé une Table des réfractions aſtronomiques à laquelle on a trouvé quelque choſe à redire; je voudrois bien que vous m'en fiſſiez part; elle doit ſe trouver dans quelqu'un des opuſcules que vous venez de lire; un Phyſicien ne peut guères s'en paſſer, lorſqu'il veut ſur-tout s'adonner à la Phyſique céleſte. J'attens avec une eſpèce d'impatience une de vos lettres, & je ſuis &c.

LETTRE TROISIÉME.

Réfractions de la lumière. Régles qu'elle observe en ſe réfractant. Cauſe de ce phénomène. Table des réfractions dreſſée par Newton. Table des réfractions dreſſée par M. l'Abbé de la Caille. Ces deux Tables, quoique très-exactes, doivent différer entre elles : pourquoi ? Méthode pour rendre la dernière de ces Tables utile dans toute ſorte de païs, & dans tous les tems de l'année.

IL eſt trop important à un Aſtronome de ſçavoir de combien de minutes & de ſecondes les rayons de lumière ſe courbent en traverſant obliquement notre Athmoſphére, pour que Newton n'ait pas dreſſé pendant ſa vie une Table des réfractions. On la trouve, Monſieur, dans le Tome II. de ſes Opuſcules, pag. 409. Je vais vous la rapporter. Les remarques ſuivantes en apprendront tout le méchaniſme.

1.°, Un rayon de lumière qui paſſe obli-

quement d'un milieu plus denſe, dans un milieu plus rare, ſe briſe, ſe courbe, ou ſe réfracte en s'éloignant de la perpendiculaire ; & il nous fait paroitre moins élevé qu'il ne l'eſt réellement, l'objet dont il nous apporte l'image. Ce n'eſt pas là le cas de la réfraction aſtronomique.

2°. Un rayon de lumière qui paſſe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe, ſe réfracte en s'approchant de la perpendiculaire ; & il nous fait paroitre l'objet plus élevé, qu'il ne l'eſt réellement. C'eſt le cas de la réfraction aſtronomique. Un Aſtre ne nous paroit plus élevé ſur l'horizon, qu'il ne l'eſt réellement, que parce que les rayons qu'il nous envoye, ne peuvent pas entrer dans l'athmoſphére terreſtre, ſans paſſer d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe. Auſſi Newton a-t-il obſervé qu'un Aſtre nous paroit élevé de 3 degrés, lorſqu'il ne l'eſt dans la réalité que de trois degrés, moins 13 minures & 20 ſecondes.

3°. Plus un rayon eſt oblique, plus

grande eſt la réfraction qu'il ſouffre en entrant dans l'athmoſphére terreſtre. Newton nous aſſure qu'un Aſtre, à 45 degrés d'élévation, n'a que 54 ſecondes de réfraction, tandis qu'il en ſouffre 3 minutes & 17 ſecondes, lorſqu'il eſt élevé de 15 degrés.

4°. Un rayon de lumière qui paſſe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne ſouffre aucune réfraction, ſoit qu'il paſſe d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe, ſoit qu'il paſſe d'un milieu plus denſe dans un plus rare. Auſſi a-t-on o de réfraction, lorſque l'élévation eſt de 90 degrés. Voilà ce que nous apprennent les obſervations aſtronomiques les mieux conſtatées. Nous avons déjà remarqué en cent endroits de l'Optique de Newton, que la réfraction de la lumière dépendoit évidemment des loix générales de l'attraction. C'eſt un corps infiniment petit ſur lequel nos corps terreſtres ont une action très-ſenſible. Un milieu plus denſe l'attire donc plus qu'un milieu plus rare; elle doit donc ſe

réfracter vers la perpendiculaire, lorſqu'elle paſſe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe. Lorſqu'on n'aura recours à l'attraction, que dans ces ſortes d'occaſions, il n'eſt pas à craindre que le commun des Phyſiciens le trouve mauvais; je ne vois pas à quelles cauſes ſecondes on pourroit rapporter ces phénoménes. Venons-en à la Table que je vous ai annoncée au commencement de cette lettre; elle eſt d'un uſage infini.

TABLE

Des Réfractions de la Lumière par Newton.

Hauteur apparente.		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Secondes.*
0	0	33	45
0	15	30	24
0	30	27	35
0	45	25	11
1	0	23	7
1	15	21	20
1	30	19	46
1	45	18	22
2	0	17	8
2	30	15	2
3	0	13	20
3	30	11	57
4	0	10	48
4	30	9	50
5	0	9	2
5	30	8	21
6	0	7	45
6	30	7	14
7	0	6	47
7	30	6	22
8	0	6	0
8	30	5	40
9	0	5	22
9	30	5	6
10	0	4	52
11	0	4	27
12	0	4	5

Hauteur apparente.		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Seconder.*
13	0	3	47
14	0	3	35
15	0	3	17
16	0	3	4
17	0	2	53
18	0	2	43
19	0	2	34
20	0	2	26
21	0	2	18
22	0	2	11
23	0	2	5
24	0	1	59
25	0	1	54
26	0	1	49
27	0	1	44
28	0	1	40
29	0	1	36
30	0	1	32
31	0	1	28
32	0	1	25
33	0	1	22
34	0	1	19
35	0	1	16
36	0	1	13
37	0	1	11
38	0	1	8
39	0	1	6
40	0	1	4
41	0	1	2
42	0	1	0
43	0	0	58
44	0	0	56
45	0	0	54

Hauteur apparente		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Secondes.*
46	0	0	52
47	0	0	50
48	0	0	48
49	0	0	47
50	0	0	45
51	0	0	44
52	0	0	42
53	0	0	40
54	0	0	39
55	0	0	38
56	0	0	36
57	0	0	35
58	0	0	34
59	0	0	32
60	0	0	31
61	0	0	30
62	0	0	28
63	0	0	27
64	0	0	26
65	0	0	25
66	0	0	24
67	0	0	23
68	0	0	22
69	0	0	21
70	0	0	20
71	0	0	19
72	0	0	18
73	0	0	17
74	0	0	16
75	0	0	15

Comme la Réfraction varie suivant les tems & les lieux, la Table de Newton n'eſt

bonne que pour l'Angleterre. M. l'Abbé de la Caille en a dreſſé une pour la France, que l'Académie Royale des Sciences a adoptée. Elle eſt plus complète que celle de Newton, puiſqu'elle donne la Réfraction d'un Aſtre, à l'élévation de 89 degrés. Ces deux raiſons m'engagent à vous l'envoyer. Les Réfractions y ſont marquées en minutes, ſecondes & dixièmes de ſeconde.

TABLE

Des Réfractions de la Lumière par M. de la Caille.

Hauteur.	Réfractions.		
Degrés.	*Minutes.*	*Secon.*	*10e de Sec.*
0	33	45	0
1	23	7	0
2	17	8	0
3	15	2	0
4	10	48	0
5	9	2	0
6	8	42	0
7	7	41	0
8	6	51	0
9	6	10	0
10	5	37	0
11	5	9	0
12	4	45	0
13	4	24	0
14	4	5	0
15	3	49	0
16	3	35	0
17	3	23	0
18	3	12	0
19	3	3	0
20	2	54	7
21	2	47	0
22	2	39	8
23	2	33	0
24	2	26	6

Hauteur.			Réfractions.							
Degrés.			Minutes.			Second.			10e de Second.	
25	.	.	2	.	.	20	.	.	5	
26	.	.	2	.	.	14	.	.	7	
27	.	.	2	.	.	9	.	.	2	
28	.	.	2	.	.	4	.	.	0	
29	.	.	1	.	.	59	.	.	1	
30	.	.	1	.	.	54	.	.	4	
31	.	.	1	.	.	50	.	.	0	
32	.	.	1	.	.	45	.	.	8	
33	.	.	1	.	.	41	.	.	8	
34	.	.	1	.	.	38	.	.	1	
35	.	.	1	.	.	34	.	.	6	
36	.	.	1	.	.	31	.	.	2	
37	.	.	1	.	.	28	.	.	0	
38	.	.	1	.	.	24	.	.	9	
39	.	.	1	.	.	21	.	.	9	
40	.	.	1	.	.	19	.	.	6	
41	.	.	1	.	.	16	.	.	3	
42	.	.	1	.	.	13	.	.	7	
43	.	.	1	.	.	11	.	.	2	
44	.	.	1	.	.	8	.	.	8	
45	.	.	1	.	.	6	.	.	5	
46	.	.	1	.	.	4	.	.	3	
47	.	.	1	.	.	2	.	.	1	
48	.	.	1	.	.	0	.	.	0	
49	.	.	0	.	.	57	.	.	9	
50	.	.	0	.	.	55	.	.	8	
51	.	.	0	.	.	53	.	.	8	
52	.	.	0	.	.	51	.	.	9	
53	.	.	0	.	.	50	.	.	1	
54	.	.	0	.	.	48	.	.	3	
55	.	.	0	.	.	46	.	.	6	
56	.	.	0	.	.	44	.	.	9	
57	.	.	0	.	.	43	.	.	2	

Hauteur.	Réfractions.		
Degrés.	Minutes.	Second.	10e de Second.
58	0	41	6
59	0	40	0
60	0	38	4
61	0	36	9
62	0	35	4
63	0	33	9
64	0	32	4
65	0	31	0
66	0	29	6
67	0	28	2
68	0	26	8
69	0	25	5
70	0	24	2
71	0	22	9
72	0	21	6
73	0	20	3
74	0	19	1
75	0	17	8
76	0	16	6
77	0	15	4
78	0	14	1
79	0	12	9
80	0	11	7
81	0	10	5
82	0	9	3
83	0	8	2
84	0	7	0
85	0	5	8
86	0	4	6
87	0	3	5
88	0	2	3
89	0	1	1
90	0	0	0

M. l'Abbé de la Caille nous apprend, Monſieur, que lorſqu'il a conſtruit ſa Table des Réfractions de la lumière, le Barométre étoit alors à Paris à 28 pouces de hauteur, & le Thermométre de M. de Réaumur à 10 degrés au deſſus de 0, c'eſt-à-dire, à 10 degrés au-deſſus du point de la congélation. Sa Table ne ſeroit pas donc exacte hors de Paris ; elle ne le ſeroit pas même dans cette Ville, lorſque le Barométre & le Thermométre ne ſeroient pas à la hauteur dont je viens de vous parler. Ce ſeroit-là ſans doute un très-grand inconvénient. M. l'Abbé de la Caille l'a ſenti, & il n'a pas manqué d'y obvier. Il a obſervé qu'un pouce d'augmentation dans la hauteur du Barométre produit une 27e partie de la réfraction marquée dans ſa Table ; dix degrés d'abaiſſement dans le Thermométre produiſent le même effet. Sur ces Principes il a dreſſé les 4 Tables ſuivantes qui rendent univerſelle ſa Table des Réfractions. Elles procureroient le même avantage à celle de Newton, ſi ce

Phyſicien nous avoit marqué à quelle hauteur ſe trouvoient le Baromètre & le Thermomètre, lorſqu'il ſe donna la peine de la conſtruire.

La première Table contient ce qu'il faudra ôter de la réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorſque le Baromètre variera depuis 27 pouces, 4 lignes juſqu'à 28 pouces de hauteur, & le Thermomètre depuis le 26e juſqu'au 4e degré au-deſſus du point de la congélation. *Exemple.* Le Soleil, à 18 degrés de hauteur ſur l'horizon, a 3 minutes, 12 ſecondes de réfraction, ou 192 ſecondes. Si le Baromètre eſt alors à 28 pouces de hauteur, & le Thermomètre à 10 degrés au-deſſus du point de la congélation, je n'ai rien à changer; auſſi ma 1ere Table me donne-t-elle 0. Mais ſi le Baromètre eſt à 27 pouces, 8 lignes, & le Thermomètre à 24 degrés au-deſſus du point de la congélation, je trouve qu'il faut ôter le nombre 16, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{6}$; car les 4 Tables ſuivantes ne contiennent que des dénomi-

nateurs de différentes fractions qui ont 1 pour numérateur. Je diviſe donc 192 ſecondes par 16, & le quotient 14 m'apprend que la réfraction du Soleil n'eſt alors que de 2 minutes, 58 ſecondes.

La ſeconde Table contient ce qu'il faudra ajouter à la Réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorſque le Baromètre variera depuis 27 pouces, 4 lignes, & le Thermomètre depuis le 9e degrés de hauteur au-deſſus du point de la congélation juſqu'au 6e degré au-deſſous du même point. *Exemple.* Le Soleil, à 31 degré de hauteur, a 110 ſecondes de réfraction. Si le Baromètre eſt alors à 28 pouces, & le Thermomètre à 5 degrés au-deſſus du point de la congélation, la ſeconde Table me donne $\frac{1}{55}$ d'augmentation ; je conclus que le Soleil a alors 112 ſecondes de réfraction.

La troiſième Table contient ce qu'il faudra ôter de la Réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorſque le Baromètre variera depuis 28 pouces, juſqu'à 28 pouces, 8 lignes, & le Thermomètre depuis le

26e jusqu'au 10e degré au-dessus du point de la congélation. *Exemple.* Le Soleil, à 48 degrés de hauteur a 60 secondes de réfraction. Si le Baromètre est alors à 28 pouces, 2 lignes & le Thermomètre à 25 degrés au-dessus du point de la congélation, la troisième Table me donne $\frac{1}{20}$ à ôter. Je conclus que le Soleil n'a alors que 57 secondes de réfraction.

Enfin la quatrième Table contient ce qu'il faudra ajouter à la réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorsque le Baromètre variera depuis 28 pouces, jusqu'à 28 pouces, 8 lignes, & le Thermomètre depuis 15 pouces au-dessus du point de la congélation, jusqu'à 6 pouces au-dessous du même point. *Exemple.* le Soleil, à 59 degrés de hauteur, a 40 secondes de réfraction. Si le Baromètre est alors à 28 pouces, 2 lignes, & le Thermomètre à 2 degrés au-dessous du point de la congélation, la 4e Table me donne $\frac{1}{20}$ d'augmentation; & je donne moi-même au Soleil 42 secondes de réfraction. Voici les 4 Tables en question.

TABLE I. *Otez.*

Hauteur du Baromètre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermomètre de Reaumur.	27. 4	27 6	27. 8	27. 10	28. 0
26	12	13	14	15	17
25	13	14	15	16	18
24	13	14	16	17	19
23	14	15	17	18	21
22	15	16	18	20	23
21	15	17	19	22	25
20	16	18	20	24	27
19	17	20	22	26	30
18	19	22	24	28	34
17	20	23	26	31	39
16	22	25	30	35	45
15	24	28	33	41	55
14	26	31	38	48	68
13	29	35	45	58	90
12	32	40	53	75	135
11	36	46	65	103	270
10	42	54	85	167	0
9	50	70	123	435	
8	61	95	227	0	
7	79	147	0		
6	111	323			
5	189	0			
4	0				

TABLE II. *Ajoutez.*

Hauteur du Baromètre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermomètre de Reaumur.	27. 4	27. 6	27. 8	27.10	28. 0
9					270
8					135
7				196	90
6			333	114	68
5			149	80	55
4		233	96	62	45
3	476	125	71	50	39
2	172	86	56	42	34
1	105	65	46	37	30
0	76	52	40	33	27
1	59	43	35	29	25
2	48	37	31	26	23
3	41	32	28	24	21
4	36	29	25	22	19
5	32	27	23	20	18
6	28	25	22	19	17

TABLE III. *Otez*

Hauteur du Barométre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermométre de Reaumur.	28. 0	28. 2	28. 4	28. 6	28. 8
26	17	19	22	25	28
25	18	20	23	27	32
24	19	22	25	29	36
23	21	24	28	32	41
22	23	26	31	37	48
21	25	29	35	43	59
20	27	33	40	52	76
19	30	37	46	65	105
18	34	42	56	86	172
17	39	50	71	125	476
16	45	62	96	233	0
15	55	80	149	0	
14	68	114	333		
13	90	196	0		
12	135	0			
11	270				
10	0				

TABLE IV. *Ajoutez.*

Hauteur du Barométre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermométre de Reaumur.	28. 0	28. 2	28. 4	28. 6	28. 8
15					189
14				323	111
13				147	79
12			227	95	61
11		435	123	70	50
10		167	85	54	42
9	270	103	65	46	36
8	135	75	53	40	32
7	90	58	45	35	29
6	68	48	38	31	26
5	55	41	33	28	24
4	45	35	30	25	22
3	39	31	26	23	20
2	34	28	24	22	19
1	30	26	22	20	17
0	27	24	20	18	16
1	25	22	19	17	15
2	23	20	18	16	15
3	21	18	17	15	14
4	19	17	16	14	13
5	18	16	15	14	13
6	17	15	14	13	12

M. l'Abbé de la Caille nous avertit que lorſque ce qu'il faut ôter ou ajouter, ſurpaſſe le nombre 200, c'eſt-à-dire, eſt moindre qu'une deux centième partie, on peut le négliger, & mettre la réfraction telle qu'elle eſt dans ſa Table.

M. de la Lande, *dans la connoiſſance des mouvemens céleſtes*, fait une remarque qui mérite d'avoir ici place. Il eſt vrai, *dit-il*, qu'un pouce d'augmentation dans la hauteur du Baromètre, ou 10 degrés d'abaiſſement dans le Thermométre de M. de Réaumur, produiſent également une augmentation d'une 27e partie de la réfraction marquée par la Table de M. l'Abbé de la Caille; mais cette régle ne peut guères s'appliquer à des hauteurs plus petites que 6 degrés; les vents, les vapeurs, les nuages, les fumées y jettent probablement une trop grande complication. Je crois, Monſieur, qu'il eſt tems de finir cette lettre. J'aurois été beaucoup plus court, s'il avoit plu à Newton de nous dire quelle étoit la hauteur du Baromètre & du Thermométre, lorſqu'il dreſſa ſa Table des réfractions de la lumière. Je ſuis, &c.

LETTRE QUATRIÉME.

Néceſſité d'une Table qui marque les différens degrés de chaleur. Remarques qui rendent très-intelligible la Table de Newton ſur cette matière. Table de Newton ſur les différens degrés de chaleur. Principes & expériences qui en ſont le fondement. Éclairciſſemens ſur la Nature du Biſmuth & du Regule de Mars.

UNe Table, ou pour mieux dire, une eſpèce d'Echelle des différens degrés de chaleur auſquels nous pouvons être expoſés ſur la Terre, eſt encore, Monſieur, plus néceſſaire à un Phyſicien, que la Table des réfractions de la lumière. Celle-ci eſt phyſico-mathématique, & celle-là purement phyſique. Auſſi Newton ne manqua-t-il pas d'en conſtruire une ſur la fin du ſiécle dernier; & la Société Royale de Londres qui ſçavoit auec quelle exactitude il avoit coutume de procéder dans ces ſortes

d'occaſions, la fit inſérer dans ſes Tranſactions philoſophiques. On la trouve dans ce précieux recueil, au mois d'Avril 1701. *(num. 270)*. Elle eſt encore à la fin du Tome II. de ſes Opuſcules avec ce titre : *Opuſculum XXI. ſcala graduum caloris & frigoris.* Il me paroit que ces remarques ne ſeront pas inutiles à ceux qui voudront ſçavoir comment cette Table a été dreſſée.

1°. Le feu agité d'un mouvement très-rapide en tout ſens, eſt la cauſe de la chaleur. Nous ſommes convenus, Monſieur, que vous feriez votre poſſible dans la troiſième partie de cet ouvrage, pour aſſigner la cauſe méchanique de ce mouvement.

2°. Le froid abſolu eſt phyſiquement impoſſible. Un corps abſolument froid devroit ne contenir aucune particule ignée ; ou du moins faudroit-il ſuppoſer que les particules ignées qu'il contient, ſont dans un parfait repos.

3°. Les corps que nous appellons froids, ne le ſont que rélativement, c'eſt-à-dire, ce ſont des corps moins chauds que tels &

tels autres avec leſquels nous les comparons. L'eau tiéde, chaude en elle-même, paroîtroit très-froide à celui qui ſortiroit de l'eau bouillante. L'eau ordinaire ne nous paroit froide, que parce que nous avons le ſang très-chaud; elle ne paroit peut-être que trop chaude aux poiſſons. Il en eſt de même du froid que nous éprouvons pendant l'hyver; ce ſeroit une véritable chaleur pour les Lappons. C'eſt-là ce qui a engagé Newton à ne parler dans ſa Table, que des différens degrés de chaleur auſquels nous pouvons être expoſés; il a bien compris qu'il rempliſſoit par-là toutes les obligations que lui impoſoit le titre de ſon Opuſcule.

4°. Dans la Table ſuivante les chiffres qui marquent les différens degrés de chaleur ſont des nombres que l'on peut comparer, ou avec 0, ou les uns avec les autres.

5°. Dans cette Table, 0 marque la chaleur qui regne dans l'air, pendant l'hyver, lorſque l'eau commence à ſe convertir en glace. Me demande-t-on, par-exemple, ce

que ſignifie le nombre 17 mis à côté d'un bain dont une main immobile peut ſupporter long-tems la chaleur ? Je répons que ce bain eſt 17 fois plus chaud que l'air que nous reſpirons pendant l'hyver, lorſque l'eau commence à ſe changer en glace. De même comme 12 marque la chaleur d'un oiſeau qui couve, & 48 la chaleur qui fait fondre un mélange de parties égales d'Etain & de Biſmuth ; vous conclurez que celle-ci eſt 4 fois plus forte que celle-là. Il me paroit, Monſieur, qu'avec ces Principes on doit comprendre la Table ſuivante.

Échelle des différens degrés de chaleur.

CHaleur de l'air pendant l'hyver, lorſque l'eau commence à ſe changer en glace, ou, ce qui revient au même, chaleur de l'air pendant l'hyver, lorſque le Thermométre de M. de Réaumur deſcend préciſément juſqu'au point de la congélation. 0

Chaleur ordinaire de l'air pendant le Printems & pendant l'Automne. 3

Chaleur ordinaire de l'air pendant l'Été. 5

Chaleur de l'air, à midi, au mois de Juillet. 6

Chaleur naturelle du corps humain. 12

Chaleur d'un oiſeau qui couve 12

Chaleur du ſang humain, lorſqu'on vient de le tirer. 14

Chaleur d'un bain qu'une main immobile peut ſupporter long-tems. 17

Chaleur d'un bain où la cire perd ſa tranſparence. $20\frac{2}{11}$

Chaleur d'un bain où la cire ſe fond. 24

Chaleur de l'eau qui commence à bouillir. 33

Chaleur de l'eau qui bout avec force. 34

Chaleur qui fait fondre un mélange de 1 partie de plomb, de 4 parties d'Étain, & de 5 parties de Biſmuth. $40\frac{4}{11}$

Chaleur qui fait fondre un mélange de parties égales d'Étain & de Biſmuth. 48

Chaleur qui fait fondre deux eſpèces de mélange, l'un de parties égales d'Étain & de Biſmuth, l'autre de trois parties

d'Étain, & de deux parties de plomb. 57
Chaleur qui fait fondre un mélange de 1 partie de Biſmuth, & de 8 parties d'Étain. 68
Chaleur qui fait fondre l'Étain. 72
Chaleur qui fait fondre le Biſmuth. 81
Chaleur qui fait fondre un mélange de 4 parties de Plomb, & d'une partie d'Étain. 81
Chaleur qui fait fondre le Plomb. 96
Chaleur qui fait fondre un mélange d'Étain & de Regule de Mars. 114
Chaleur qui fait briller les corps ignées pendant la nuit. 136
Chaleur qui fait briller les Corps ignées, malgré la lumière du crépuſcule. 161
Chaleur qui réſide dans un feu de charbons, qu'on a laiſſé allumer ſans ſe ſervir de ſouflet. 195
Chaleur d'un fer qu'on a fait rougir à ce feu. 195
Chaleur d'un feu qu'on a fait avec du bois. 200
Chaleur de ce même feu qu'on a allumé en ſe ſervant de ſouflet. 210

Je comprens, Monſieur, que cette Table doit être d'un uſage infini en Phyſique. Un Phyſicien ne ſçauroit y jetter les yeux, ſans comprendre d'abord que l'air eſt 3 fois plus chaud, au Printems & en Automne, qu'il ne l'eſt pendant l'Hyver, lorſque le Thermométre de M. de Réaumur eſt au point de 0. Il voit que la chaleur de l'Été eſt à peu près double de celle du Printems & de l'Automne; que la chaleur de l'eau bouillante eſt à peu près trois fois plus forte que celle du corps humain; que la chaleur qui fait fondre l'Étain eſt préciſément 6 fois plus forte que celle du corps humain; que l'Étain eſt plus facile à fondre, que le Biſmuth; & le Biſmuth que le Plomb, &c.

Newton nous apprend enſuite comment il s'y eſt pris pour conſtruire cette Table. Permettez-moi de vous rapporter quelques-unes de ſes opérations; vous ne ſerez pas, je vous l'aſſure, mécontent de lui. Il mit dans un tas de neige qui commençoit à ſe fondre, un Thermométre fait avec de

l'huile de lin ; c'eſt-là préciſément la chaleur qui régne pendant l'Hyver, lorſque l'eau commence à ſe changer en glace. Il diviſa en 10000 parties égales l'eſpace qu'occupa alors la liqueur. Il ſoumit enſuite le même Thermométre à preſque tous les degrés de chaleur, dont il eſt parlé dans la Table précédente, je veux dire, à la chaleur du corps humain, à celle de l'eau qui commence à bouillir, à celle de l'eau bouillante, à celle de l'Étain fondu qui commence à prendre la conſiſtence de l'amalgame, &c. ; & il trouva que les eſpaces qu'occupoit l'huile du Thermométre, étoient comme les nombres 10256, 10705, 10725, 11516. Il conclut de-là que la raréfaction de l'huile de lin dans le Thermométre en queſtion, étoit marquée par les nombres qui ſont au-deſſus de 10000, je veux dire, par 256, par 705, par 725, & par 1516. Ces expèriences ſuppoſées, il raiſonna de la ſorte.

Les différens degrés de chaleur que reçoit l'huile du Thermométre ſoumis aux diffé-

rentes eſpèces de chaleur dont nous venons de faire l'énumération, ſont comme les différentes manières dont l'huile ſe raréfie; donc en exprimant par 12 la chaleur naturelle du corps humain, il faudra exprimer par 33 celle de l'eau qui commence à bouillir. En effet $256 : 705 :: 12 : 33 + \frac{12}{256}$, fraction que l'on peut négliger ſans conſéquence.

Par la même raiſon il faudra exprimer par 34 la chaleur de l'eau bouillante, parce que $256 : 725 :: 12 : 34 - \frac{4}{256}$, fraction que l'on peut négliger avec encore plus de fondement que la précédente.

Enfin il faudra exprimer par 72 la chaleur de l'étain fondu qui commence à prendre la conſiſtence de l'amalgame. C'eſt ici la moins exacte des opérations de Newton. On ne doit exprimer ce degré de chaleur que par 71, parce que $256 : 1516 :: 12 : 71 + \frac{16}{256}$, fraction que Newton auroit dû négliger dans ſon calcul. Notre Phyſicien, en faiſant ces différentes expériences, a remarqué que la même chaleur fait di-

later dix fois plus l'air, que l'huile de lin, & 15 fois plus l'huile de lin que l'eſprit de vin. Cette remarque eſt digne de lui; elle mérite d'avoir place dans ſa vie littéraire.

Pour mettre cette Table à la portée de tout le monde, je crois devoir dire deux mots du *Biſmuth*, & du *Regule de Mars*, leur nature n'eſt pas auſſi connue, que celle des autres matières ſur leſquelles Newton a opéré.

Le Biſmuth eſt un demi-métal très caſſant, très facile à réduire en poudre, a fondre & à ſe mêler à tous les Métaux. Sa couleur reſſemble aſſez à celle de l'argent. C'eſt-là ſans doute ce qui a engagé quelques Naturaliſtes à aſſurer qu'une Mine de Biſmuth n'eſt qu'une mine d'argent qui n'a pas pû parvenir à maturité. M. Lemery le regardoit comme un étain imparfait.

Le Regule eſt la partie pure du métal, qu'on fait précipiter au fond du creuſet, lorſqu'on fond la mine métallique. Le Regule de Mars eſt donc un fer très-purifié,

parce que les Chymiſtes ont donné au fer le nom de Mars. Les autres matières dont parle Newton dans ſa Table des différens degrès de chaleur, ſont connues de tout le monde ; elles n'ont beſoin d'aucune remarque particulière. Je ſuis, &c.

LETTRE CINQUIÉME.

Idée générale du 29 opuſcule de Newton. Critique d'un endroit de cet opuſcule. Preuves qui démontrent que la lumière eſt un corps, & que Newton l'a toujours ainſi penſé.

LE dixneuvième opuſcule de Newton eſt un de ceux, Monſieur, que j'ai lu avec le plus de plaiſir. J'y ai trouvé les réponſes que ce Philoſophe fit à ceux qui lui propoſerent des objections contre ſon Optique, avant que cet ouvrage vit le jour. Vous comprenez bien que je ne ſuis pas tenté de vous en envoyer l'abrégé ; il faudroit me déterminer à répéter

la plupart des choſes que nous avons dites dans le premier livre de cette vie littéraire. Il y a cependant un point dont vous me permettrez bien de vous entretenir. Si j'ai le malheur de vous ennuyer; je vous promets que ce ne ſera pas pendant long-tems.

Il m'a toujours été démontré, comme 2 & 2 font 4, que la lumière eſt un corps. En effet tout ce qui eſt compoſé; tout ce qui a une maſſe; tout ce qui frappe & bleſſe ma rétine, eſt un corps. Or la lumière a toutes ces qualités. Donc la lumière eſt un corps. Le diriez-vous cependant, Monſieur? Newton n'a jamais oſé l'affirmer; il ſe plaint même de ceux qui lui font tenir un pareil langage; & il leur fait remarquer que toutes les fois qu'il a parlé de la lumière comme corps, il a *toujours* eu ſoin d'ajouter le mot *peut-être*. Ne croyez pas au reſte que j'en impoſe à ce grand homme; je vais vous rapporter ſes propres paroles; elles ſe trouvent ſous ce titre, *De*

hypotheſi mihi per errorem tributâ (*). Les principaux Points de cette hypothéſe ſont que la lumière eſt un corps; qu'il y a autant de corps réellement diſtingués, que l'on compte de rayons colorés; que tous ces différens corps joints enſemble donnent le blanc, &c. C'eſt bien-là, ſi je ne me trompe, l'hypothéſe de Newton, telle que vous me l'avez rapportée, en me rendant compte de ſon Optique. Il prétend cependant qu'il ne s'eſt jamais exprimé ainſi. *En, ut videtur, id quod accipit pro meâ hypotheſi. Verum quidem eſt quod ex meâ Theoriâ arguo lucem eſſe corpus; at id non incunctanter aſſero, ut innuit verbum* fortaſſe; *id propono, ad ſummum, tanquam probabile Doctrinæ meæ conſectarium, non tanquam hypotheſim quâ, velut fundamento, doctrina ſtabiliatur, quin imò nec tanquam Doctrinæ partem; quæ omninò ſuperioribus propoſitionibus continebatur. Et ſanè miror objectionum Auctorem me tam parvæ memoriæ credere*

(*) Tome II. des Opuſcules de Newton, page 339.

potuisse, ut, cum perquam asseveranter Theoriam meam asseruissem, deinde suppositionem ipsam, quâ Theoria tota nitebatur, vix exili fortasse *fulciverim. Si talem aliquam hypothesim adoptassem, id alicubi patefecissem; at sciebam illas, quas palam faciebam, lucis proprietates aliquatenùs explicari posse non solum hâc, sed pluribus aliis mechanicis hypothesibus; & ideò eas omnes vitare decrevi, & de luce loquens verbis uti generalibus, eam abstractè considerans, ut nonnihil, quod ex lucidis corporibus quoquoversùm per rectas lineas propagatur, non determinans quid id esset, an confusa dissimilium potestatum mixtura, an ens quodcumque.* Je ne vois pas, Monsieur, sur quoi peut être fondé le scrupule de Newton. Ou il n'y a rien d'évident sur la Terre, ou il est évident que son Optique porte sur ce Principe. *La lumière est un corps hétérogène, composé de sept rayons différens, dont chacun a un tel degré de réfrangibilité & de réflexibilité; & tel rayon n'a tel degré de réfrangibilité & de réflexibilité, que*

parce

parce que les parties dont il eſt formé ont telle maſſe & telle figure (*). Or je vous le demande, n'eſt-ce pas là ſuppoſer que la lumière eſt un corps ? Tout ce qu'on peut dire pour excuſer Newton, c'eſt que cet Opuſcule a paru dans les Tranſactions philoſophiques long-tems avant que ſon Optique vit le jour. En effet l'Optique ne fut donnée au public, qu'en 1704, & cet Opuſcule fut inſéré dans les Tranſactions philoſophiques le 18 du mois de Mars 1672 (*num.* 88, *pag.* 5084). C'eſt-là preſque l'unique choſe que j'aie trouvé à reprendre dans un ouvrage de très-longue haleine. Il contient plus de 125 pages in 4° ; & c'eſt de-là que Newton a tiré la plupart des expériences ſur leſquelles ſon Optique eſt fondée. Je ſuis, &c.

(*) Livre I. de ce ſecond Volume.

LETTRE SIXIÉME.

Deux lettres de Newton qui prouvent quel étoit ſon caractère.

IL me paroît, Monſieur, que pour faire connoître à nos Lecteurs le caractère de Newton, il faudroit leur mettre ſous les yeux quelques unes de ſes lettres; notre manière d'écrire nous dépeint pour l'ordinaire, tels que nous ſommes. Newton étoit le plus poli, le plus doux & le plus ferme des hommes. Il ſe brouilla avec M. de Leibnitz, à l'occaſion du calcul infinitéſimal, comme vous me l'avez raconté au commencement de ce quatrième livre. Un ami commun de ces deux grands Hommes s'offrit à les raccommoder. M. de Leibnitz ne demandoit pas mieux; mais il exigeoit des conditions auſquelles Newton ne voulut jamais ſouſcrire; elles ſont exprimées dans la lettre ſuivante dont je vous envoye la traduction la plus fidelle;

elle eſt addreſſée à celui qui vouloit faire cette réconciliation ; & elle eſt dattée du 14 Mai 1714, *vieux ſtile*.

Je n'entends pas aſſez bien la langue françoiſe, Monſieur, pour ſentir toute la force des termes dont ſe ſert M. de Leibnitz dans la lettre qu'il a eu l'honneur de vous écrire : j'ai cependant compris qu'il ſe plaignoit de je ne ſçais quel tort qu'il prétend. que lui ont fait la Société royale, & Moi.

Si à mon occaſion M. Fatius a écrit quelque choſe contre lui, je vous proteſte qu'il l'a fait à mon inſçû.

Il y a 9 à 10 ans que M. de Leibnitz me calomnia, en inſinuant dans les Actes de Leipſick qu'il m'avoit donné l'idée de ma *Méthode des Fluxions*. M. Keil eut la bonté de prendre en main ma défenſe. Il le fit ſans m'en avertir ; & je n'appris leur démêlé que par une réponſe de M. de Leibnitz à M. Keil, dans laquelle il prétendoit que je chantaſſe palinodie, en le reconnoiſſant pour l'inventeur du calcul

infinitéſimal. Si vous venez à bout de me faire connoître que j'aie manqué à M. de Leibnitz, je ſuis prêt à lui faire toute ſorte de ſatisfactions. Mais que je chante palinodie au dépens de la vérité, ou que je diſe que le jugement qu'a porté contre lui la Société Royale, n'eſt pas conforme aux régles de la plus exacte juſtice; voilà ce que perſonne au monde ne me fera jamais avoüer. Je ſuis &c (1).

Lorſque les Tranſactions philoſophiques commencerent à faire mention des nouvelles expériences de Newton ſur les couleurs de la lumière, le P. Pardies, Jéſuite, Profeſſeur de Mathématique au Collége de Paris, fit quelques obſervations & propoſa quelques difficultés qu'il pria un de ſes amis de communiquer à Newton. Celui-ci répondit toujours de la manière du monde la plus aimable. Voici une de ſes réponſes (2).

In obſervationibus R. P. Ignatii Pardies quas ad te denuò conſcripſit, an majus ſit

(1) Opuſcule XIV. Tome I. page 375.
(2) Opuſcule XIX. Tome II. pag. 318.

humanitatis argumentum, quod meis reſponſionibus vim omnem attribuit; an ingenii, quod objectiones proponit, quæ, ſi non probè tollantur, doctrinam noſtram fruſtrari poſſint, vix dixerim: utrumque ſanè ad determinandam veritatem optimè conducit, efficitque ut acceptis quam lubentiſſime reſpondeam. Newton entre enſuite en matière. Il dit des choſes qu'il n'eſt pas néceſſaire de vous rapporter ici; nous les avons diſcutées dans le livre I. de cette vie littéraire. La fin de ſa lettre eſt remarquable: *Reverendi verò Patris candor in omnibus conſpicitur; indeque modus efferendi benévolentiam, qui mihi minimè convenit. Quod tamen noſtra non diſplicent, vehementer gaudeo, vale.* Je pourrois vous citer, Monſieur, cent autres lettres de Newton qui prouveroient auſſi bien que celles que je viens de vous rapporter, que notre Philoſophe étoit le plus poli, le plus doux, & le plus ferme des hommes. Il me reſte maintenant à vous expoſer quelques traits qui ne ſeront pas déplacés dans ſa vie littéraire; ils feront la matière de la lettre ſuivante. Je ſuis, &c.

LETTRE SEPTIÉME.

Différens Traits de la vie de Newton. Sa mort, ſes obſéques, ſa figure, ſon caractère. Éloges qu'on lui a donnés. Parallèle de Deſcartes & de Newton par M. de Fontenelle. Parallèle des deux mêmes Philoſophes par Du Baudori.

QUoique que la vie littéraire de Newton ne doive être dans le fond que l'hiſtoire des ouvrages qu'il a donnés au Public, il eſt certains traits dans ſa vie politique, Monſieur, que je crois pouvoir vous mettre ſous les yeux ſur la fin de la ſeconde partie de ce Traité de paix ; ils ne ſont pas étrangers à Newton conſidéré comme Phyſicien. Ce ſera l'ordre Chronologique que je ſuivrai dans le récit que je vais vous en faire ; j'éviterai par-là bien des longueurs.

En l'année 1687, le Roi Jacques II. attaqua les priviléges de l'Univerſité de

Cambridge, où Newton occupoit une chaire de Professeur. L'Université chargea notre Philosophe de les défendre par-devant la Cour de *Haute commission*, & dans le Parlement de *convention* qui se tint l'année suivante à ce sujet ; & elle eut lieu d'être satisfaite du choix qu'elle avoit fait.

En l'année 1696 il fut nommé *Garde*, & quelque tems après *Maître de la Monnoye*. Il eut cette dernière charge en récompense des services importans qu'il avoit rendus à l'Angleterre dans la refonte presque générale qui se fit en ce tems-là. Sa science du calcul ne lui fut pas inutile dans ce poste ; sa Table des *essais des Monnoyes étrangères* en est une preuve inconteſtable.

En l'année 1699 l'Académie Royale des Sciences de Paris le pria d'accepter une place d'Associé étranger. Elle se seroit plutôt procurée cet honneur, si des places eussent été créées auparavant.

En l'année 1701 il fut de nouveau choisi Membre du Parlement pour l'Université de Cambridge. M. de Fontenelle re-

marque à cette occaſion que c'eſt un erreur de regarder les Sçavans comme peu propres aux grandes affaires. On ne ſçauroit pour l'ordinaire les confier en meilleures mains.

En l'année 1703 il fut élu Préſident de la Société Royale de Londres ; & il le fut 23 ans de ſuite. Il l'auroit été plus longtems, ſi ſa vie eut été plus longue. Si cet exemple eſt unique dans cette célébre Compagnie, c'eſt qu'elle n'a pas encore eu, & qu'elle n'aura peut-être jamais un ſecond Newton.

En l'année 1705 la Reine Anne le fit *Chevalier*. Les Sçavans en Angleterre ont droit d'aſpirer aux plus grands Honneurs.

En l'année 1722 il ſe repoſa de ſes fonctions à la Monnoye ſur M. Conduitt, à qui il avoit donné une de ſes Niéces en mariage. Il avoit alors 80 ans ; & ſa ſanté commença dès-lors à exiger les plus grands ménagemens. Perſonne n'étoit mieux en état que lui de ſe les procurer. Malgré les biens immenſes qu'il avoit fait à ſa famille pen-

dant ſa vie, il lui laiſſa à ſa mort ſept ou huit cent mille livres. Les Sçavans en Angleterre ne ſe contentent pas, comme dans bien d'autres Royaumes, de vivre de gloire.

Enfin le 20 Mars de l'année 1727, Newton mourut à l'âge de 85 ans. Ses obſéques furent à peu près ſemblables à celles des Têtes couronnées. Son corps fut expoſé ſur un lit de parade dans la chambre de Jéruſalem. De-là on le porta dans l'Abbaye de Weſtminſter où ſont les tombeaux des Rois d'Angleterre; le poile étant ſoutenu par Mylord, grand Chancelier, par les Ducs de Montroſe & Roxburgh, & par les Comtes de Pembroke, de Suſſez & de Maclesfield, tous ſix Pairs d'Angleterre. L'Evêque de Rocheſter fit le ſervice, accompagné de tout le Clergé de l'Egliſe, & le Corps fut enterré près de l'entrée du chœur. Une Nation qui honore ainſi le mérite, doit avoir naturellement un grand nombre de Sçavans; auſſi les grands-Hommes ſont-ils communs en Angleterre. Newton avoit la taille médiocre, l'œil fort vif

& fort perçant, la physionomie agréable & vénérable. Il ne se servit jamais de lunettes, & il ne perdit qu'une seule dent pendant toute sa vie. Ce sont-là, je l'avoue, des détails bien minutieux; mais je vous dirai d'après M. de Fontenelle qui me les a fournis, que le nom Newton les justifie. En voici quelques autres plus intéressans. Notre Philosophe étoit naturellement modeste, simple, & affable. Sa passion dominante fut l'amour de la tranquillité. Il nous raconte lui-même que des objections qui s'élevèrent contre son Traité d'Optique, en retardèrent l'impression de plus de 30 années. *Tout homme*, dit-il, à cette occasion, *qui sacrifie le repos à la gloire, sacrifie un bien réel à une ombre passagère. Me arguerem imprudentiæ, quod, umbram captando, eatenùs perdideram quietem, rem prorsùs substantialem* (1). L'indifférence qu'il avoit pour la gloire, n'a pas empêché qu'on ne lui ait donné pendant sa vie & après sa mort les éloges les plus extatiques. Le plus outré

(*) Opuscules de Newton, Tome I. pag. 334.

de tous eſt tiré d'une Épitre que M. de Voltaire a miſe à la Tête de ſes Élémens de la Philoſophie Newtonienne. Le Poëte apoſtrophant les Anges même, leur parle de la ſorte ;

Confidents du très-Haut, ſubſtances éternelles,
Qui brûlés de ſes feux, qui couvrez de vos aîles
Le Trône où Votre Maître eſt aſſis parmi vous,
Parlez, du grand Newton n'êtiez-vous point jaloux ?

Cette Epitre contient cependant de grandes beautés, que j'aurai occaſion de vous faire admirer dans cette lettre même. Voici quelques autres éloges moins enthouſiaſtes & par conſéquent moins éloignés de la vérité.

On voit encore, Monſieur, dans l'Abbaye de Weſtminſter un ſuperbe monument élevé à la gloire de Newton. Avec cette inſcription.

H. S. E.

Isaacus Newtonus Eques Auratus
Qui, animi vi propè divinâ,
Planetarum motus, figuras,
Cometarum semitas,
Oceanique æstus,
Suâ Matheſi faciem præferente,
Primus demonſtravit.
Radiorum lucis diſſimilitudines,
Colorumque inde naſcentium proprietates,
Quas nemo antè ſuſpicatus erat,
Perveſtigavit.
Naturæ, Antiquitatis, S. Scripturæ
Sedulus, ſagax, fidus interpres.
Dei O. M. Majeſtatem Philoſophiâ aperuit,
Evangelii ſimplicitatem Moribus expreſſit.
Sibi gratulentur Mortales
Tale, tantumque extitiſſe
Humani generis decus.
Natus XXV. Dec. A. D. MDCXLII.
Obiit Mart. XX. MDCCXXVII.

Je ſouſcris, volontiers, Monſieur, à tous les éloges qu'on donne dans cette inſcription à Newton, conſidéré comme Phyſicien, & comme Mathématicien. Ce qu'il a écrit ſur les Planétes, les Cométes, le flux & le reflux de la mer, la lumière & les couleurs, ſuppoſe en effet un Génie extraordinaire, j'ai preſque dit créateur, *animi vi propè divinâ perveſtigavit.* Mais quand même je n'aurois pas le bonheur d'être éclairé des lumières de la véritable Foi, je me garderois bien de regarder Newton comme un interpréte fidéle des ſaintes Ecritures; j'ai parcouru ſon commentaire ſur l'Apocalipſe & ſur Daniel. Ce n'eſt pas là la ſeule choſe qu'il y ait à reprendre dans cette inſcription. La ſuivante eſt d'un tout autre gout; elle eſt du Fameux Pope.

Iſaacus Newtonus
Quem immortalem
Teſtantur Tempus, Natura, Cœlum;
Mortalem
Hoc Marmor fatetur.

Pope joignit à cette épitaphe deux vers anglois dont la penſée eſt celle ci : *Dieu a dit : que Newton ſoit fait & la lumière a été faite.* L'Editeur des opuſcules de Newton l'a rendue en un diſtique qu'un bon Ecolier de Troiſième avoueroit avec peine.

Naturam, legesque ſua nox atra tegebat :
Sit Newtonus, ait Deus, & lux cuncta fuerunt.

Il a mieux réuſſi dans l'application qu'il a faite à notre Phyſicien de ces deux vers de Lucrèce. Il remarque très à propos que Newton les méritoit beaucoup mieux que ce Poëte Philoſophe.

Avia Pieridum peragro loca, nullius ante
Trita ſolo ; juvat integros accedere fontes,
Atque haurire . . . . . .

Vous me permettrez bien de vous citer encore, Monſieur, quelques lambeaux d'une Epitre magnifique de M. de Voltaire en l'honneur de Newton, dont je vous ai déjà parlé. Ces ſortes de citations ne déparent jamais une vie littéraire. Le Poëte rend ainſi les loix de l'attraction & l'hétérogénéité de la lumière.

Dieu parle, & le cahos ſe diſſipe à ſa voix ;
Vers un centre commun tout gravite à la fois.
Ce reſſort ſi puiſſant, l'ame de la nature,
Etoit enſéveli dans une nuit obſcure ;
Le compas de Newton meſurant l'Univers,
Leve enfin ce grand voile & les Cieux ſont ouverts.
Il déploye à mes yeux par une main ſçavante,
De l'Aſtre des Saiſons la robe étincelante.
L'Emeraude, l'Azur, le Pourpre, le Rubis,
Sont l'immortel tiſſu dont brillent ſes habits.
Chacun de ſes rayons dans ſa ſubſtance pure,
Porte en ſoi les couleurs dont ſe peint la nature,
Et confondus enſemble, ils éclairent nos yeux,
Ils animent le monde, ils empliſſent les Cieux.

Le cours des Cométes eſt encore dépeint dans cette Épitre d'une manière très vive & très poëtique.

Cométes que l'on craint à l'égal du Tonnerre,
Ceſſez d'épouvanter les peuples de la Terre ;
Dans une ellipſe immenſe achevez votre cours,
Remontez, deſcendez près de l'Aſtre des jours.

Lancez vos feux, volez & revenant ſans ceſſe,
Des Mondes épuiſés ranimez la vieilleſſe.

L'éloge que fit le fameux Halley de l'illuſtre Newton, nous donne ponr le moins une auſſi grande idée de ce grand Phyſicien. On le trouve à la tête des Principes mathématiques de la Philoſophie naturelle. Je ne crois pas qu'il ſoit ici déplacé.

IN

VIRI PRÆSTANTISSIMI

ISAACI NEWTONI

OPUS HOCCE

MATHEMATICO-PHYSICUM,

Sæculi Gentiſque noſtræ decus Egregium.

EN tibi norma poli, & divæ libramina molis,
Computus en Jovis; & quas, dum primordia rerum
Pangeret, omni parens leges violare Creator
Noluit, atque operum quæ fundamenta locârit

Intima panduntur victi penetralia Cœli,
Nec latet extremos quæ vis circum rotat orbes.
Sol solio residens ad se jubet omnia prono
Tendere descensu, nec recto tramite currus
Sidereos patitur vastum per inane moveri;
Sed rapit immotis, se centro, singula gyris.
Jam patet horrificis quæ sit via flexa Cometis;
Jam non miramur barbati phænomena Astri.
Discimus hinc tandem quâ causâ argentea Phœbe
Passibus haud æquis graditur; cur subdita nulli
Hactenus Astronomo numerorum fræna recuset:
Cur remeant nodi, curque Auges progrediuntur.
Discimus & quantis refluum vaga cynthia pontum
Viribus impellit, fessis dum fluctibus ulvam
Deserit, ac nautis suspectas nudat arenas;
Alternis vicibus suprema ad littora pulsans.
Quæ toties animos veterum torsere sophorum,
Quæque scholas frustra rauco certamine vexant,

Obvia conſpicimus, nubem pellente matheſi.
Jam dubios nullâ caligine prægravat error,
Queis Superûm penetrare domos atque ardua Cœli
Scandere ſublimis genii conceſſit acumen.
Surgite mortales, terrenas mittite curas;
Atque hinc cœligenæ vires dignoſcite mentis,
A pecudum vitâ longè latèque remotæ.
Qui ſcriptis juſſit tabulis compeſcere cædes,
Furta & adulteria, & perjuræ crimina fraudis;
Quive vagis populis circumdare mœnibus urbes
Auctor erat; Cereriſve beavit munere gentes;
Vel qui curarum lenimen preſſit ab uvâ;
Vel qui niliacâ monſtravit arundine pictos
Conſociare ſonos, oculiſque exponere voces;
Humanam ſortem minus extulit: ut pote pauca
Reſpiciens miſeræ tantùm ſolamina vitæ.
Jam verò Superis convivæ admittimur, alti
Jura poli tractare licet; jamque abdita cœcæ
Clauſtra patent terræ, rerumque immobilis ordo,
& quæ præteriti latuerunt ſæcula mundi.

Talia monſtrantem mecum celebrate camœnis,
Vos ô cœlicolum gaudentes nectare veſci,
Newtonum clauſi reſerantem ſcrinia veri,
Newtonum Muſis charum, cui pectore puro
Phœbus adeſt, totoque inceſſit numine mentem:
Nec fas eſt propius mortali attingere Divos.

Ajoutons, Monſieur, aux vies littéraires de Deſcartes & de Newton par ce qu'ont dit de ces deux grands-Hommes deux Ecrivains du premier mérite, Ecoutons d'abord Fontenelle; c'eſt ainſi qu'il s'exprime dans l'éloge hiſtorique que je vous ai cité ſi ſouvent.

» Deſcartes & Newton qui ſe trouvent » dans une ſi grande oppoſition, ont eu » de grands rapports. Tous deux ont été » des Génies du premier ordre, nés pour » dominer ſur les autres eſprits, & pour » fonder des empires. Tous deux, Géomé- » tres excellens, ont vu la néceſſité de tranſ- » porter la Géométrie dans la Phyſique. » Tous deux ont fondé leur Phyſique ſur » une Géométrie, qu'ils ne tenoient preſ-

» que que de leurs propres lumières. Mais
» l'un, prenant un vol hardi, a voulu ſe
» placer à la ſource de tout; ſe rendre mai-
» tre des premiers Principes par quelques
» idées claires & fondamentales, pour n'a-
» voir plus qu'à deſcendre aux phénomé-
» nes de la nature, comme à des conſé-
» quences néceſſaires : l'autre plus timide,
» ou plus modeſte, a commencé ſa mar-
» che par s'appuyer ſur les phénoménes
» pour remonter aux Principes inconnus;
» réſolu de les admettre, quels que les put
» donner l'enchainement des conſéquences.
» L'un part de ce qu'il entend nettement,
» pour trouver la cauſe de ce qu'il voit.
» L'autre part de ce qu'il voit, pour en
» trouver la cauſe ſoit claire, ſoit obſcure.
» Les Principes évidents de l'un ne le con-
» duiſent pas toujours aux phénoménes
» tels qu'ils ſont; les phénoménes ne con-
» duiſent pas toujours l'autre à des Princi-
» pes aſſez évidents. Les bornes qui dans
» ces deux routes contraires ont pu arrê-
» ter deux hommes de cette eſpèce, ce ne

» ſont pas les bornes de leur eſprit, mais » celles de l'eſprit humain. »

Le P. du Baudory Jéſuite, dans ſa fameuſe Harangue ſur les *Inventeurs de nouveaux Siſtêmes*, oppoſa Deſcartes à Newton avec autant de ſuccès que M. de Fontenelle. Voici les propres paroles de ce célébre Orateur; les traduire, ce ſeroit les affoiblir. *Unde calor ille repentinus qui totâ paſſim in Europâ non ita pridem exarſit, & illas præſertim diſciplinas quæ in rerum naturalium diſquiſitione verſantur, ſuis afflavit ignibus. Surrexit nimirùm magnus ille vorticum fabricator Carteſius. Vix pendula vorticum ſtructura gyravit in Galliâ, cum ecce omnia ſimul ingenia, eodem correpta motu, circumagi in orbe philoſophico viſa ſunt. Hinc ariete crebro vortices impetuntur, hinc levi vorticum declinatione ictus eluduntur; hinc vacuola tanquam cuniculi furtivo ducuntur aſſultu ad machinam diſturbandam, hinc pulveris tenuiſſimi jactu reſerantur hoſtiles cuniculi & obturantur. At ecce dum vorticoſa ſubſtructio acriter impugnata, acriter*

defenſa novis firmatur in dies turmis auxiliaribus, ecce ab inſulâ Gallicæ Philoſophiæ rarò conſonâ, quia ſemper æmulâ, in gallicum ſiſtematis Inventotem nova procella detonat. Gens æquilibrii ſemper amica, ne Siſtema Gallicum in Europâ præponderet, huic Anglici Siſtematis opponit æquipondium. Jam propè dominantem cartéſianam impulſionem toto virium luctamine audacter, quamvis latenter, parat impetere Attractio newtoniana. Grande certamen? Nihil agitur minus, quam orbis philoſophici Principatus. Vel ſe Gallia Newtonianam victa fateatur oportet; vel ſe Cartéſianam Anglia. Utra ſerviet alteri, an Roma Carthagini, an Romæ Carthago. Par in utroque Duce artis peritia, par æmulatio, ſed longè diſpar arma philoſophica tractandi ratio. Carteſius ipſa naturæ primordia primo arripit impetu; indèque ad varia ſigillatim rerum naturalium effecta ſponte delabitur; Newto ab effectis cautè ac ſuſpicioſè viam auſpicatur, & iis innitendo ad primordiales rerum fontes conatur pedetentim adrepere. Alter primam naturæ ſcaturiginem audacter oc-

cupat, & sequaces inde rivulos pertentat explorando; alter hæret primum in rivulis, & eorum vestigia remetiendo ad latentem scaturiginem iter eluctatur. Cartesius, quamvis præeunte apertissimâ Principiorum serie, nonnunquam aberrat in evolvendis naturæ effectibus; Newto, quamvis effulgente patentium effectuum luce, sæpè caligat in disquirendis Principiis. Alter in construendo audaciâ plus quam humanâ; alter in computando plus quam elatâ velocitate. Ille planior ac dilucidior loquitur omnibus, & omnibus intelligitur; hic obscurior solis loquitur viris sagacissimis, & eorum sæpè fugit intelligentiam. Gallus more Gallorum pugnat mediâ de luce, procurrit in aciem nudo pectore, amat videri, nec timet vulnerari. Anglus profundâ septus computationum obscuritate, in umbrâ dimicat, & oculos eludendo vulnus eludit. Carteſium denique cum ducibus illis audacissimis & experientissimis conferre mihi posse videor, qui amant in plano ac patenti aciem instruere, qui sic agmina confertis ordinibus densant, ut ne minimo quidem loci va-

cui interſtitio ſinant ab invicem ſegregari, qui omnes vaſtiſſimi corporis partes eâ motuum æquabilitate temperant, eo inter ſe turmarum ac legionum ſitu diſponunt, ut equites ac pedites, ſtationaria ac levis armatura ſe mutuò tueantur æquilibrio ; Newtonem verò ducibus illis verſutis & alta meditantibus ritè contulerim, qui amant per abrupta montium, per loca deſerta, vacua & concava, caſtra metari, qui diſſimulando, explorando, ſpeculando, experiendo bellum gerunt, nec tam aperto marte, quam occultâ molitione, quam impervià conſiliorum caligine victoriam ad ſe conantur attrahere.

Voilà, Monſieur, deux Philoſophes bien oppoſés. Je ſerai curieux de ſçavoir comment de leurs deux Siſtémes vous en formerez un dans lequel il entre à peu près autant de Cartéſianiſme que de Newtonianiſme. Auſſi attends-je votre première lettre avec encore plus d'impatience que toutes les autres. Je ſuis, &c.

LETTRE

LETTRE HUITIÉME.

Fondement de la Chronologie de Newton. Idée générale de cet ouvrage. Figure de la Terre découverte par Newton. Examen de cette queſtion renvoyé à la troiſième partie de cet ouvrage ; pourquoi ?

JE ne ſçaurois, mon cher Chevalier, finir la vie littéraire de Newton, ſans vous dire un mot de ſa Chronologie. Cet ouvrage a un rapport très direct avec l'Aſtronomie ; il a donc un rapport au-moins indirect avec la Phyſique ; & par-là même il mérite de faire partie de l'Hiſtoire d'un des plus grands Phyſiciens, pour ne pas dire, du plus grand Phyſicien que l'Angleterre ait produit. Le fondement du ſyſtéme Chronologique de Newton eſt une obſervation qu'il eſt impoſſible de révoquer en doute ; c'eſt le mouvement des Étoiles en longitude qui leur fait parcourir d'Occident en Orient 1 degré, dans l'eſpace de 72 ans.

Il prétend que, du tems du centaure Chiron, la première Etoile de la conſtellation d'*Aries* ſe trouvoit au 22e degré & à la 22e minute de la conſtellation de *Piſces*. Il conclut de-là que depuis l'année 1689 juſqu'au tems du centaure Chiron, ou, ce qui revient au même, juſqu'au tems du voyage des Argonautes, la première Etoile de la conſtellation d'*Aries* a eu un mouvement en longitude de 36 degrés & 29 minutes; ce qui donne 2627 années. De 2627, ôtez 1689; il vous reſte 938; & vous fixerez avec Newton le voyage des Argonautes à environ 938 ans, avant la Naiſſance du Meſſie, ou à environ 43 ans après la mort de Salomon. M. de Fontenelle remarque à cette occaſion (1) que par ce calcul le voyage des Argonautes, & tous les événemens qui le ſuivent, ſont rapprochés d'environ 500 ans de l'Ere chrétienne. Ce ſyſtéme a été attaqué par bien des critiques. On leur reproche en Angleterre de ne l'avoir pas

(1) Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1717. pag. 167.

compris. Ce qu'il y a de vrai, c'eſt que M. Halley prétend que tout l'aſtronomique de la Chronologie de Newton eſt inconteſtable ; c'eſt-là un grand préjugé pour cet ouvrage.

Il y a encore, mon cher Chevalier, une découverte de Newton dont je n'ai pas eu occaſion de vous parler ; c'eſt la détermination de la figure de la Terre. Il a prouvé par les loix des forces centrales, que le globe que nous habitons, devoit être un ſphéroïde applati vers les poles N A (Fig. 7, Pl. 4.), & élevé vers ſon équateur B C. Il a plus fait, il a aſſuré que l'axe N A : au diamétre de l'Equateur B C :: 229 : 230. Vous comprenez bien que je ne paſſerai pas ſous ſilence un point de Phyſique auſſi important. Si je le réſerve pour la troiſième partie de cet Ouvrage ; c'eſt que je prétens adopter purement & ſimplement tout ce qu'a écrit Newton ſur cette matière. La première lettre que j'aurai l'honneur de vous écrire, ſera le commencement même de cette troiſième partie. Je ſuis, &c.

RÉPONSE

A la Lettre précédente.

VOtre dernière lettre me prouve, Monsieur, que vous vous attendiez à recevoir l'abrégé de la Chronologie de Newton, de la part d'un homme qui s'étoit chargé de vous rendre compte de la plupart de ſes opuſcules. J'avois en effet penſé à vous l'envoyer; mais bien des raiſons m'en ont détourné. Et d'abord c'eſt un ouvrage très volumineux, qui n'a qu'un rapport très-indirect avec la Phyſique; l'Analyſe que j'en aurois faite, n'auroit-elle pas été un hors d'œuvre dans la vie littéraire d'un homme que nous nous ſommes fait un devoir de ne conſidérer que comme Phyſicien? j'avoue que d'obſervation dont vous me parlez, n'eſt pas tout-à-fait étrangère à la Phyſique; mais eſt-il bien ſûr que, lors du voyage des Argonautes, la première Etoile de la conſtel-

tion d'*Aries* ſe trouvoit au 22ᵉ degré & la 22ᵉ minute de la conſtellation de *Piſ-ces?* Les Tables de M. de la Hire ne lui donnent pas cette place. Vous ajoutez dans votre lettre que par-là le voyage des Argonautes & tous les événemens qui le ſuivent, ſeront rapprochés d'environ 500 ans de l'Epoque de l'Ere chretienne; je le ſçais, & voilà ce qui me fait regarder comme ruineux le fondement ſur lequel porte la Chronologie de Newton. Le P. Souciet Jéſuite prouva autrefois à Newton lui-même, que les Monumens les plus authentiques dépoſoient contre ſa maniére de calculer. Voici ſes principales objections auſquelles je ne ſçache pas que l'on ait encore répondu.

. . . . . .

1°. Dans le ſyſtéme Chronologique de Newton, J. C. vint au monde l'an 617 depuis la fondation de Rome. Le P. Souciet prétend qu'une pareille aſſertion eſt inſoutenable. En effet, *dit-il*, J. C. vint au monde ſous l'empire d'Auguſte. Or depuis la fondation de Rome juſqu'aux Empe-

reurs, il s'eſt écoulé 710 ans; puiſque les Rois gouvernerent Rome pendant 243 ans, & les Conſuls pendant 467. Donc J. C. n'eſt pas venu au monde l'an de Rome 617.

2°. Une medaille d'Adrien nous apprend que cet Empereur fut déclaré Conſul pour la troiſième fois, l'an 874 de la fondation de Rome. Donc ſi J. C. eſt venu au monde l'an de Rome 617, Adrien aura vecu l'an de J. C. 257. Mais nous ſçavons qu'Adrien mourut le 12 Juillet de l'an de J. C. 138; donc l'Epoque de l'Ere chrétienne ne doit pas être fixée à l'an 617 depuis la fondation de Rome.

3°. L'an 1000 de la fondation de Rome, ſous le troiſième Conſulat de Philippe le pere, & le ſecond Conſulat de Philippe le fils, à l'occaſion du nouveau ſiécle, ces Empereurs célébrerent des Jeux ſéculaires; donc l'époque de l'Ere chretienne n'eſt pas l'an 617 depuis la fondation de Rome. En effet dans ce ſiſtéme il faudroit dire que ces deux Empereurs ont vécu l'an de J. C. 383; & nous ſçavons

par l'Hiſtoire qu'ils furent tués l'an de J.C. 250.

4°. Newton dans ſa Chronologie veut qu'en général les regnes ſoient de 18 à 20 ans chacun. Or on trouve qu'en Europe cette durée paſſe toujours pour chaque Prince, l'un portant l'autre, dix huit & même vingt ans, & roule entre 23 & 35 ans. Donc la Chronologie de Newton porte ſur une fauſſe ſuppoſition. Ces preuves ont engagé le P. Souciet à renoncer au ſiſtéme Chronologique du Philoſophe anglois, & à propoſer aux Sçavans le ſiſtéme ſuivant.

Création du monde. L'an avant la naiſſance du Meſſie. 4020

Le Déluge. L'an du monde 1656

L'entrée d'Abraham dans la Terre de Chanaan. L'an du monde 2083

La ſortie des Hébreux de l'Egypte. L'an du monde 2512

La fondation du Temple de Salomon. L'an du monde 2991

La conquéte d'Alexandre. L'an du mon-

de 3690.
La naiſſance d'Auguſte. L'an du monde 3959
La naiſſance de J. C. L'an du monde 4020

Le peu que je viens de vous rapporter, Monſieur, doit vous faire comprendre que l'extrait de la Chronologie de Newton, ſeroit un hors d'œuvre dans la vie littéraire de ce Philoſophe conſidéré comme Phyſicien. Il n'en eſt pas ainſi de ſa Diſſertation ſur la figure de la Terre. Vous ferez bien de m'en rendre compte dans la troiſième partie de cet Ouvrage, le plus exactement qu'il vous ſera poſſible. Il me tarde de commencer au plutôt cette troiſième partie. Je ſuis, &c.

Fin du Second Volume.

Réflexions sur ces pensées. 287
Réponse à la lettre précédente. 298
LETTRE TROISIÈME. *Réfractions de la lumière. Régles qu'elle observe en se réfractant. Cause de ce phénomène. Table des Réfractions dressée par Newton. Table des Réfractions dressée par M. de la Caille. Ces deux Tables, quoique très exactes, doivent différer entr'elles : pourquoi ? Méthode pour rendre la dernière de ces Tables utile dans toute sorte de Païs, & dans tous les tems de l'année.* 299
LETTRE QUATRIÈME. *Nécessité d'une Table qui marque les différens degrés de chaleur. Remarques qui rendent très-intelligible la Table de Newton sur cette matière. Table de Newton sur les différens degrés de chaleur. Principes & expériences qui en sont le fondement. Éclaircissemens sur la Nature du Bismuth & du Regule de Mars.* 319
LETTRE CINQUIÈME. *Idée générale du 29.e opuscule de Newton. Critique d'un en-*

droit de cet opuſcule. Preuves qui démontrent que la lumière eſt un corps, & & que Newton l'a toujours ainſi penſé. 329

LETTRE SIXIÈME. *Deux lettres de Newton qui prouvent quel étoit ſon caractère.* 334

LETTRE SEPTIÈME. *Différents Traits de la Vie de Newton. Sa mort, ſes obſèques, ſa figure, ſon caractère. Eloges qu'on lui a donnés. Parallèle de Deſcartes & de Newton par M. de Fontenelle. Parallèle des deux mêmes Philoſophes par du Baudory.* 338

LETTRE HUITIÈME. *Fondement de la Chronologie de Newton. Idée générale de cet Ouvrage. Figure de la Terre découverte par Newton. Examen de cette queſtion renvoyé à la troiſième partie de cet Ouvrage; pourquoi?* 357

Réponſe à la lettre précédente. 360

Fin de la Table.

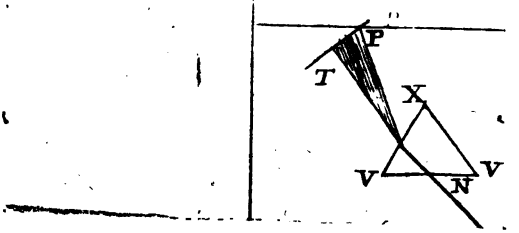
Fautes à corriger.

PAge 8. *Ligne* 15. reudu *Liſez* rendu.
pag. 27. *lign.* 23. réflexion *liſ.* réfraction.
pag. 60. *lign.* 21. partie *liſ.* part.
pag. 64. *lign.* 6. differenes *liſ.* differentes.
pag. 91. *lign.* 8. uns *liſ.* unes.
pag. 171. *lign.* 17. proportion *liſ.* propoſition.
pag. 179. *lign.* 13. (*b*) liſ. (*a*).
pag. 182. *lign.* 5. (*c*.) liſ. (*b*).
pag. 184. *lign.* 2. de *liſ.* des.
pag. 280. *lign.* 2. raiſone *liſ.* raiſons.
pag. 293. *lign.* 19. *quoad* liſ. *quod.*
pag. 300. *lign.* 23. minures *liſ.* minutes.
pag. 313. *lignes* 15 *&* 17. pouces *liſ.* degrés.
pag. 338. *lign.* 8. quoique que *ôtez* que.
pag. 340. *lign.* 1. un *liſ.* une.
pag. 344. *lign.* 7. *faciem* liſ. *facem.*
pag. 351. *lign.* 8. par ce *ôtez* par.

Dans la Figure 2. de la Planche 2, le point d'Interſection B doit être un peu au-deſſous du point O.

Avis au Relieur.

VOus mettrez les 4 Planches à la fin du Volume, & vous les placerez de manière que l'on puiſſe lire le livre & voir les Figures.


P
T
X
V
N
V

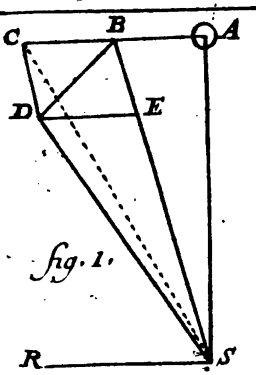


fig. 1.

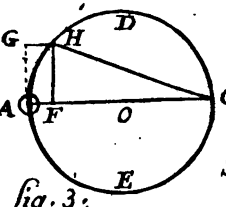


fig. 3.

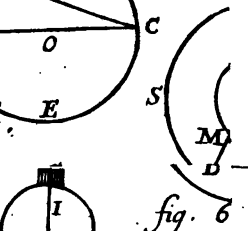


fig. 6

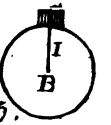
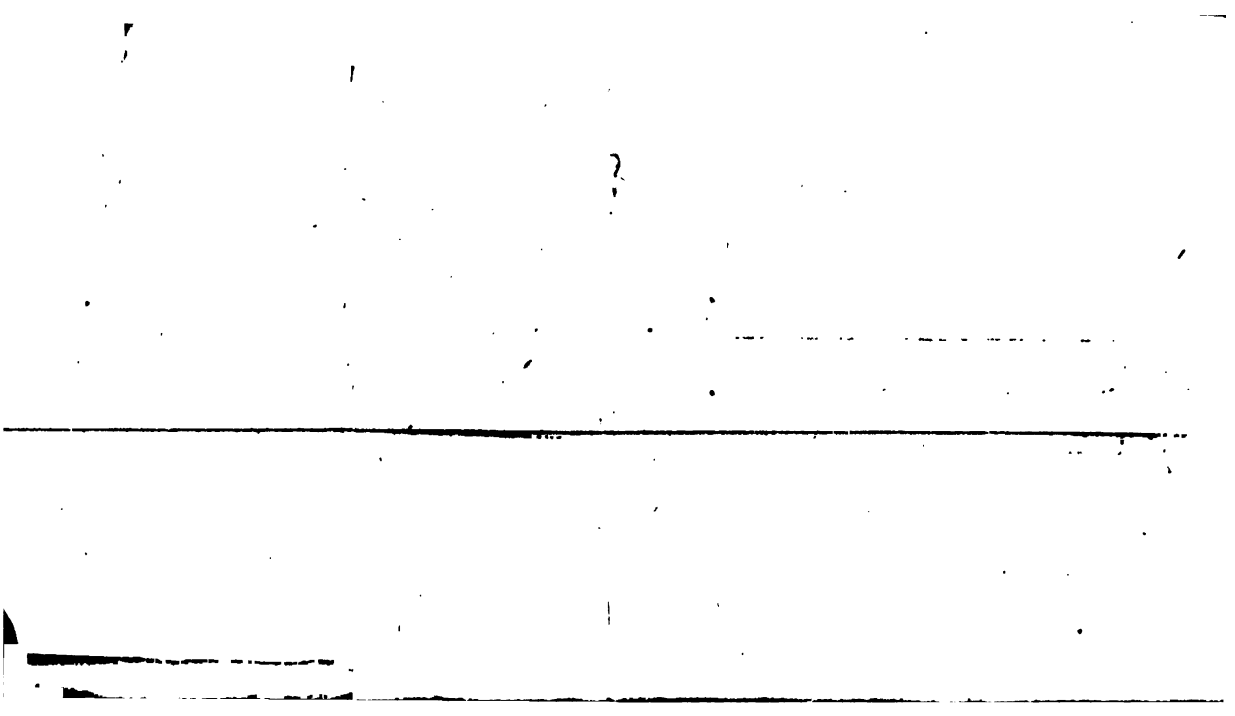


fig. 5.



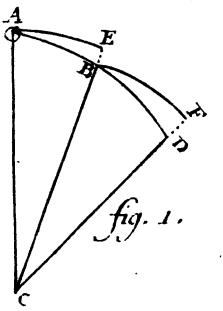


fig. 1.

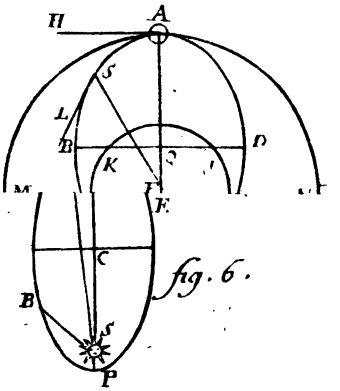
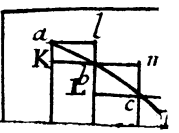


fig. 6.


a
l
K
n
L
c